BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Weber, Joseph <<von>>,

Die allgemeine Bewegungslehre, und die Mechanik, mit Rücksicht auf das dynamische Verhältniß

München 1810

Augsburg, Staats- und Stadtbibliothek -- Phys 1351
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11275037-6

Ex. Donoughmore.

Phys 1351

Die

allgemeine Bewegungslehre,

und die

Mechanik,

mit

Rücksicht auf das dynamische Verhältniß.

Von

Joseph Weber,

der Phil. und Theol. Doctor, Kön. Baier. geistl. Rath,
der Kön. Akademie der Wissenschaft. in München
ordentl. ausw. Mitglied, und Professor
der Physik in Dilingen.

KÖNIGL. PRIVATBIBLIOTHEK IN AUGSBURG

Mit zwei Kupfertafeln.

München,
im Verlage der Lentnerschen Buchhandlung
1810.

Vorrede.

„Die Natur werde aus der Natur erklärt“! forderten die Alten von der Physik.

Diese Anforderung ist, wie mich dünkt, voll hoher Ahnungen, und aus ächt wissenschaftlichem Geiste entsprungen.

Die Anforderung zielt auch recht auf das Wahre; denn soll die Physik Natur-Wissenschaft sein: so hat sie ja freilich die Erscheinungen der Natur zu erklären aus der Natur.

Aber, was heißt die Natur aus der Natur erklären? — Darüber sollte man allerdings entschieden haben, und einig sein. Allein, gerade über dem liegt man im Streite.

Indeß kann in der Anforderung: „die Natur aus der Natur zu erklären“, kein anderer wahrer Sinn liegen, als der:

es soll alles, was da ist und wirkt,
aus Einem Princip,
das unbedingt,

und von der Natur nicht verschieden ist,

verständlich, erkennbar und begreiflich gemacht werden.

Diese Anforderung ist auch die Grundaufgabe in der Physik; sie ist zugleich die dringendste Aufgabe, und:

die völlige Lösung dieser Aufgabe in einem beschlossenen Systeme gegeben, ist mir die Naturwissenschaft — in ihrer Idee.

Man sieht freilich die Sache meistens anders an. Das gewöhnliche Verfahren in den Erklärungen der Natur ist dieses:

Man beobachtet und experimentirt; sammelt Facta und berechnet sie; man erdenkt eine Ursache derselben, und bemühet sich darzuthun, die erdachte Ursache sei wirklich vorhanden in der Natur, und zureichend, die Thatsachen in ihr zu erklären.

Indem man nun so den Erklärungsgrund der Dinge in der Natur, aus der

Natur holt, meint man den Sinn der Aufgabe: „die Natur aus der Natur zu erklären", getroffen, und die Aufgabe selbst gelöset zu haben.

Allein, abgesehen von den anderweitigen Mängeln solcher Natur-Erklärungen: so ist

jede Ursache, die wir erdenken, und hernach reell und zureichend erachten, blos ein Ring an der grossen Kette, welcher nur sofern trägt, als er getragen wird; das heißt, eine solche Ursache, die lediglich bedingt ist, und bedingt bleibt, sollte auch die Reihe der Ursachen und Wirkungen — die Kette bis ins Unendliche verlängert werden; denn weiset man auch die Bedingung des Bedingten weiter nach, so zeigt sich dieselbe immer wieder bedingt.

Eine solche Natur-Erklärung kann daher nicht auslangen, nicht hinreichen bis zu

Einem, unbedingten Anfangspuncte, der sich in der Natur fände, und aus dem alles, was in der Natur ist und wirkt, ausflöße, verständlich und erkennbar würde.

Das Unstatthafte einer solchen Natur-Erklärung ward auch längst von einigen speculativen Naturforschern gefühlt und eingesehen. Aber sie kamen, getrieben durch die Speculation, die immer auf Einheit dringt, und nur im Unbedingten (Absoluten) ruht, zu dem Schlusse

von dem Bedingten in der Natur,
auf das Unbedingte ausserhalb der
Natur.

Und so ward ihnen das reellste Wesen — Gott, das Eine, unbedingte Princip der Natur, der unbedingte (absolute) Erklärungsgrund aller Erscheinungen in ihr.

Allein, die Natur auf die Weise! von Gott ableiten, heißt die Natur überspringen:

also nicht die Natur aus der Natur erklären. —

Schon frühe wurde dieser Uebersprung von Denkern bemerkt, und schon frühe wurden eben solche Natur-Erklärer dadurch in die Schranken gewiesen, daß man ihnen bedeutsam entgegensetzte:

„in explicandis naturae phaenomenis philosophum non decet recurrere ad Deum“.

Allerdings kann man einwendend fragen:

„Ist ein in der Natur selbst liegender, unbedingter Erklärungsgrund der Natur wohl auch denkbar? — Ist die Setzung eines absoluten, von der Natur nicht verschiedenen Princips aller Naturerscheinungen nicht Widerspruch“?

In der „gemeinen Ansicht der Natur“ ist ein in der Natur liegender, absoluter Erklärungsgrund der Natur freilich undenkbar, und sofern die Setzung desselben auch Widerspruch. Allein,

lein, „die gemeine Ansicht der Natur ist nicht die wahre Naturansicht". — Dieses habe ich anderswo dargethan *). Ich müßte eine Abhandlung schreiben, wollte ich mich hier in eine Ausführlichkeit einlassen. Für eine Vorrede mögen nachstehende Bemerkungen genügen.

Wie immer man sich auch die Natur vorstellen mag, so wird man darinn unschwer übereinkommen:

es sei ein Unterschied zwischen dem, was in der Natur augenfällig ist — unter den Gesetzen der Zeit, des Werdens und Vergehens steht,

und dem, was den sinnlichen Dingen zum Grunde liegt, ihr ewiges Wesen ist, nach unveränderlichen Gesetzen wirkt, und sich aus dem Tode, dem die Naturerscheinungen heimfallen, stets wieder zu einem neuen Leben verjüngt.

Man

*) Philosophie, Religion und Christenthum im Bunde ꝛc. V. Heft.

Man hat auch diesen Unterschied nie ganz verkannt; — man hat ihn bald klarer, bald dunkler angezeigt; — man hat von der Natur, sofern sie erscheint, als von dem Offenbaren, und von der Natur, sofern sie nicht erscheint, den Erscheinungen aber unterliegt, als von dem Verborgenen gesprochen; — man hat die sichtbare Natur einem grossen Buche, und die unsichtbare dem Sinne seines Inhaltes verglichen; — man hat sich von der Natur nicht immer und überall gemein ausgedrückt; man hat von ihr auch erhaben gesprochen, gesungen u. s. w. — Aber so ist ja der Unterschied zwischen Natur und Natur, selbst durch die Gelehrten beurkundet! —

Seit Langem schon haben die Naturforscher

dem Sinnlichen der Natur als einer Wirkung,

etwas Nichtsinnliches als Ursache unterstellt,

und eine solche Unterstellung Kraft, und zwar immanente Kraft genennt.

Wir

Wir kennen seit Newton, Kepler, Boschovich — die Adtractiv- und Repulsiv-Kräfte.

Noch Kant, der am ersten Dinge an sich deutlich aussprach, und sie von den Erscheinungen (wenigstens negativ) unterschied, meinte durch Setzung solcher zwei Kräfte die Materie construirt zu haben.

Die Begriffe von dynamischen Kräften erhielten aber erst durch Schelling ihre volle Ausbildung. Dieser deutsche Mann, den wir mit Recht den Schöpfer der Naturphilosophie unserer Zeit preisen, hat das Unrichtige, das den ehemaligen Vorstellungen von adtrahirenden und repellirenden Kräften anklebte, berichtigt, das Unzulängliche derselben zur Construction der Materie dargethan, eine Drei-Einheit von dynamischen Kräften, die Synthese von Expansion und Contraction substituirt, und sie im Subjecte der Natur selbst nachgewiesen.

Man vergleicht zwar noch hie und da die dynamischen Thätigkeiten jenen Erklärungs-

rungsgründen, die die peripatetische Schule, wie man sagt, bei dem rechten Namen nannte, „*qualitates occultae*“; man setzt sie unbekannten Grössen gleich, $= x, y, z$; oder gibt sie sonst für Namen aus, die wohl Principien bezeichnen, eigentlich aber erfunden sind, unser Nichtwissen derselben zu bedecken. U. d. gl. m.

Ich gestehe: man hat hierinn recht — wenn, wenn die dynamischen Kräfte von einer weitern Beziehung entblößt sind, und nicht in ihrer tiefern Bedeutung aufgefaßt und ergriffen werden.

Die Drei-Einheit der Kräfte, die überall der Natur eingebildet ist, kündigt sich schon dadurch bedeutungsvollst an,

daß sie sich als das All
in Allem der Natur

erweiset; denn sie ist es, die der Materie und allem Sichtbaren Wirklichkeit gibt, und jede Körperqualität begründet; sie ist das Belebende im Lichte, und spricht sich als solches in dem Magnete, in der Elektrici-

tricität *), und in dem chemischen Processe aus; dieselbe wiederholet sich, eben diese Formen vereinend, im Galvanismus; sie gestaltet den organischen Leib — die Pflanze und das Thier, und ist das Leben in ihnen; sie leuchtet aus den Himmelskörpern, und hält sie in Ein Ganzes zusammen . . . Alles, alles, was da ist und wirkt, hat sein Sein und seine Wirksamkeit durch das unerschöpfliche und unendliche Spiel der dynamischen Kräfte:

Sein, Materie, Stoff;
Bildung, Gestalt, Form;
Leben, Wirken —

sind begreiflich, erkennbar aus denselben.

Aber eben dadurch, daß diese Drei-Einheit von Kräften, das Allwirkende in der

*) Als gelungene Proben hievon dürften angesehen werden (?) die dynamischen Nachweisungen der magnetischen und elektrischen Phänomene in meinem „Lehrbuche der Naturwissenschaft", III. u. IV. Heft.

der Natur ist, sind wir durch sie nachdrucksamst hingewiesen

auf das lebendige All-Sein,

das, als die wahre, ewige Natur,

sein Sein und Wirken offenbar macht

— in den unendlichen Formen der Dinge.

Gewiß, alles, was wir in dieser Allheit sehen, hören, betasten — vernehmen, ist bedeutendst

„Erscheinung der Natur" —

Erscheinung der ewigen, wahren Natur; herrliche und wunderschöne Offenbarung des ewigen, unendlichen All-Seins, dessen hoher und wahrer Name ist „Göttliches" *).

Er-

*) Es sollte keiner Erwähnung bedürfen, daß hier das Göttliche nur von einer, von seiner reellen Seite betrachtet werde: diese einseitige Betrachtungsweise schließt die ideelle — das Intelligente in Gott, das sich in der Geisterwelt offenbaret, keineswegs aus. — Die Physik schließt die Metaphysik nicht aus.

Erklären wir nun die gesamte Erscheinungswelt aus den dynamischen Kräften, und sehen wir in ihnen, was sie bezeichnen, das ewige Naturwesen:

„so erklären wir die Natur wahrhaft aus der Natur".

Allein, auch angenommen, diese Ansicht der dynamischen Natur sei die wahre Ansicht, so ergeben sich Schwierigkeiten gerade in dem Theile der Naturkunde, den wir „die Bewegungslehre, die Mechanik" nennen. Hier ist alles hingestellt; überall wirkt nur Gewicht und Gegengewicht, Druck und Gegendruck; alle Kraft, jede Wirksamkeit ist hier äusserlich; Materie, Masse u. d. gl. werden überall nur gestossen, getrieben von Aussen. Und so hält sich, wie es scheint, die Bewegungslehre, die Mechanik in einer eigenen, passiven Sphäre, in einer Abgeschiedenheit von der Dynamik? —

So scheint es allerdings, wenn wir blos

den

den Augen trauen. Allein, Gewicht, Druck, Materie, Masse, Stoß, Bewegung von Aussen u. d. gl. sind immer Naturerscheinungen, und als Naturerscheinungen bedingt durch die dynamischen Kräfte *). Da stützt sich dann auch die Bewegungslehre, die Mechanik auf das Eine unbedingte Naturprincip — auf die Drei-Einheit von expansiver, contractiver und syntheſirender Thätigkeit, welche ist in ihrer tiefern und wahren Bedeutung das göttliche Sein.

Von diesem Gesichtspuncte aus sind die mechanischen Phänomene zum wenigsten zu beurtheilen; denn weit entfernt bin ich zu behaupten, daß diese Ansicht

das Besondere,

wie das Allgemeine,

in der Bewegungslehre und Mechanik so in das Licht ziehe, daß dadurch alle Dunkelheiten erhellt, und alle Fragen vollständigst beantwortet werden. Ich vergesse nie, „die Na-

*) M. Lehrbuch der Naturwissenschaft, II. Heft.

Natur sei eine Unendlichkeit". — Unsere Wissenschaft ist aber dennoch im Fortschreiten, wenn sie sich diesem fernen, aber rechten Ziele nur nahet, und: sie wird sich ihm auch unfehlbar nahen, nachdem wir nun einmal der wahren Natur auf der Spur sind, und dieser treulich nachgehen.

Die mechanische Natur, so angesehen, erhebt sich auch über die Gemeinheit: es stralet aus ihr überall dynamisches Leben, und in diesem spiegelt sich das,

was die Urquelle alles Seins und Wirkens ist — das Göttliche.

Auch in der Welt, worinn die mechanischen Gesetze walten,

in der Bewegung der Erdenkörper durch Stoß, Hebel —
in der Brechung und Abprallung des Lichtes durch Gläser und Spiegel —
in dem Drehen der Himmelskörper um ihre Axen, und im Kreisen um ihre Mittelpuncte in elliptischen Bahnen —

gibt

gibt sich, wie sonst in allen Dingen der Natur, göttliche Kraft, Macht und Herrlichkeit kund. Auch hier wirkt die nie ruhende, sondern stets neuschaffende, ewige Natur — Gott, und stimmt den gemüthlichen Freund und Forscher der Natur zur Freude, Ehrfurcht, Andacht und Liebe. —

In dem Buche, das ich hier vorlege, und das zunächst für Schüler der Physik bestimmt ist, weise ich eben auf die dynamischen Kräfte, freilich nur winkend hin:

„mit Rücksicht auf das dynamische Verhältniß",

und stelle die Gesetze der allgemeinen Bewegungslehre und der Mechanik in solcher Ordnung, Klarheit und Fruchtbarkeit auf, als es dem Zwecke eines Lehrbuches gemäß ist, und meinen Kräften gleich kommt. Auch halte ich mich durchweg an das Anschauliche, um nirgends in eitle Hypothesen auszuschweifen. In Hinsicht des Ausdruckes bleibe ich bei der Gemeinsprache, um nicht durch Hieroglyphen das Klare

zu verdunkeln: ist ja die Gemeinsprache noch immer symbolisch genug! —

Ja, nur winkend weise ich auf die dynamischen Kräfte hin. „Es ist noch vieles zu thun übrig", sagte ein weiser Naturforscher vor beiläufig zweitaußend Jahren. Dasselbe werden weise Naturforscher nach zweitaußend Jahren wieder sagen. Die Ueberzeugung hievon wehret jeder Anmassung, und bewähret das Unerschöpfliche, Unendliche der Natur.

Noch möchte ich mit Wenigem ein Mißverständniß abhalten. Indem ich in der dynamischen Thätigkeit der Natur überall nur höhere, göttliche Kraft sehe: so könnte die Meinung entstehen, daß ich Gott mit der Natur vermische, und das Geschöpf mit dem Schöpfer verwechselnd, die Sinnenwelt zu Gott mache: somit meine Huldigungen von Freude, Ehrfurcht und Liebe Götzen darbringe.

Ich sehe davon ab, daß wohl schwerlich ein besonnener Mensch so thöricht sein dürfte,

daß

daß er solchen Götzendienst treibe, und wiederhole, was ich, wie mich dünkt, schon klar genug geäussert habe:

„Gott, das allerhöchste Wesen, ist allein aus sich, allein begreiflich durch sich. Alles Uebrige ist nur durch Gott, und begreiflich durch Ihn. Von Gott kommt alles Sein und Wirken; durch Ihn ist, und lebt alles: es ist daher lediglich nur göttliche Kraft, die da ist, und wirkt in den Erscheinungen der Natur .... Nicht Gott ist die Erscheinungswelt, sondern Kundmachung, Manifestation Gottes ist sie.“

Die sichtbare Welt verhält sich demnach zu dem göttlichen Wesen, wie das Sonnenbild, das aus einem Spiegel glänzt, zur Sonne selbst. So wenig die abgespiegelte Sonne die Quelle des Lichtes und des Lebens auf Erden ist, so wenig ist die sinnliche, Göttliches abbildende

Natur, Gott, die ewige Urkraft und Wurzel der Dinge. — Ist es aber unwiderſprechlich, daß die abgeſpiegelte Sonne das Sein, das Licht und das Leben einer wahren, die Welt wirklich erleuchtenden und wärmenden Sonne andeutet, und verkündiget: ſo iſt es auch unwiderſprechlich, daß die ſichtbare Natur Verkündigung und Zeugniß ſei des göttlichen All-Seins und All-Lebens, das, wie im Ganzen, ſo in jedem der Dinge, nur wiederſtralet.

„In ipſo enim viuimus, et mouemur, et ſumus . . . Quoniam ex ipſo, et per ipſum, et in ipſo ſunt omnia: ipſi gloria in ſaecula. Amen.“

* * *

Jehovah, du mein Gott, wie groß biſt du!
Mit Pracht und Majeſtät biſt du bekleidet! — —
Er breitet Licht um ſich, wie ein Gewand;
Er ſpannt den Himmel aus, wie einen Teppich;
Er wölbt den hohen Wohnſitz ſich mit Waſſer;
Die Wetterwolken ſind ſein Wagen;
Er treibt ihn auf den Fittigen des Windes fort.

Zu

Zu seinen Boten wählt er Winde,
Zu seinen Dienern Feuerflammen.

— — — — — —

Jehovah's Ruhm bleibt ewiglich;
Er freuet seiner Werke sich.

* * *

Du, der Unsterblichen Höchster, du Vielbenamter, der ewig
Nach Gesetzen beherrscht die Natur, ihr mächtiger Führer,
Sei mir gegrüßt, o Zevs! denn alle Sterbliche dürfen
Dich anreden, o Vater! Da wir ja deines Geschlechtes sind,
Deines Wesens Bild, was irgend auf Erden nur lebt.

Dilingen,
den 6. Januar 1810.

Inhaltsanzeige.

Die allgemeine Bewegungslehre.

Begriff einer allgemeinen Bewegungslehre, Numer 1.

Umfang der allgemeinen Bewegungslehre, 3.

Drei besondere Bewegungslehren, 5.

Nächste Beziehung der allgemeinen Bewegungslehre auf die Materie, 6.

Immanente Kraft der materiellen Substanzen. Trägheit der Materie. Gesetze der Trägheit, 8.

Mittheilung der Bewegung, 9.

Dynamische Bedeutung der Mittheilung der Bewegung und der mechanischen Gesetze, 9.*

Masse. Hinderniß der Trägheit. Verhältniß äusserer Einflüsse auf die Masse, 9.**

Verschiedenheit der Bewegung aus verschiedenen Gesichtspuncten, 10.

Wirkliche und scheinbare Bewegung, 11; gemeinschaftliche und eigene, 11.**; gleichförmige und ungleichförmige, 12; beschleunigte und abnehmende, 13; einfache und zusammengesetzte, 14; geradlinigte und krumme, 15; gleitende und rollende, 16.

Ge-

Gesetze der Bewegung, sofern von Ursachen, welche die Richtung ändern, abgesehen wird.
Gesetze der gleichförmigen Bewegung, 17-18.
Gesetze der gleichförmig beschleunigten und abnehmenden Bewegung, 19-21.
Gesetze der zusammengesetzten Bewegung, 22-24.
Gesetze der gleitenden und rollenden Bewegung über eine schiefe Ebene, 25-30.
Fälle, worinn die Richtung der bewegten Körper abgeändert wird.
Gesetze der Abweichung eines bewegten Körpers von seiner Richtung im Mittel — Brechung der Bewegung von und zum Perpendicel (Einfallsloth), 32-35.
Gesetze der Bewegungsrichtung bei dem Auffalle der Körper auf irgend einen Gegenstand, 35.
Bewegungsgrösse, 36-37.
Auffall der unelastischen, 38.
Auffall der elastischen Körper, 39.
Gesetze der Richtungsänderungen bewegter Körper durch den Stoß unelastischer und elastischer Körper; — gerader und schiefer Stoß, auf ruhende und bewegte Körper bei gleichen und ungleichen Massen; in verschiedenen Richtungen, 41-51.

Abweichung der Körper von ihrer Richtung durch den Zug gegen ein Centrum. — Pendelbewegung, 52.
Gesetze der Pendelbewegung, 53 - 57.
Nutzen der Pendel, 58.
Gesetze der um ein Centrum bewegten Körper. Erklärungen, 59. Dynamische Ansicht, 59. * Lehrsätze, 60. 61.
Gesetze der Wurf-Bewegung, 62 - 63.
Hindernisse der Bewegung, 64 - 65.
Widerstand des Mediums, 66 - 68.
Widerstand der Reibung, 69 - 71.
Widerstand durch Steife der Stricke, 72.
Mittel gegen die Hindernisse der Bewegung, 73.
Dynamische Bedeutung, 73. **

Die Mechanik.

Mechanik im weitern Sinne, 74.
Gemeine und höhere Mechanik, 74.
Die Mechanik im weitern Sinne begreift in sich die Geostatik und die Maschinenlehre, die Hydrostatik und die Hydraulik, die Aerostatik und die Pnevmatik, 77.
Geostatik. Gleichgewicht. Schwerpunct. Untersatz, 79.
Dynamische Bedeutung des Gleichgewichtes, 79. *
Lehrsätze von dem Gleichgewichte und dem Schwerpuncte, 80.
Erklärungen, 81. Wei-

Weisen, den Schwerpunct zu finden, 1.
Schwerpunct einer Linie, 82; wie fern wir Linien besitzen, 82.* Gesetze der Bestrebungen unserer Linien, wenn sie auf eine Schärfe gelegt werden, 83-84. Bestimmung des Schwerpunctes, wenn die über eine Schärfe hingehenden Theile einer Linie gleich und ungleich sind, 85.
2. Schwerpunct der soliden, 86.
3. Schwerpunct der hohlen Körper, 87.
Maschinenlehre (Mechanik in engerer Bedeutung). Begriff von Maschinen, 88.
Einfache Maschinen sind der Hebel und die schiefe Ebene, 90.
Maschinen, die aus den einfachen zunächst hervorgehen, sind die Rolle, das Rad an der Welle, der Keil und die Schraube, 91.
Die mehr zusammengesetzten sind die Räderwerke, 91.*
Kraft, Last, Hinderniß der Trägheit, 92.
Unvereinbarkeit der Vortheile der Kraft und der Zeit, 92.**
Was in der Mechanik die Kraft vertritt, wie sie angewandt, und berechnet werden kann, 93.
Von dem Hebel. Drei Puncte am Hebel, 94. 95.
Dreierlei Hebel, 96.
Allgemeines Hebelgesetz, 97-98.
Nachweisung des allgemeinen Hebelgesetzes in jedem besondern Hebel, 99.

Berechnung der Kraft, die schief auf einen Hebel wirkt, 100.
Zusammengesetzter Hebel, 101.
Allgemeine Formel zur Bestimmung der Hebelkraft für jede Last, 102.
Anwendung des Hebels auf die Wage. Theile einer Wage. Eigenschaften einer Wage. 104 - 106.
Schnellwage, 107- 108.
Falsche Wage, 109.
Gewichte: bürgerliches Gewicht; kölnisches; Medicinalgewicht; französisches, Verhältniß des neuen zum alten; Gold- und Silbergewicht, 109. ***
Von der Rolle. Unbewegliche und bewegliche, 110.
Gesetz der unbeweglichen Rolle, 111.
Mechanischer Vortheil aus der unbeweglichen Rolle, 111.*
Gesetz der beweglichen Rolle, 112.
Verbindung mehrerer Rollen = einem zusammengesetzten Hebel, 113.
Flaschenzug, 114.
Gesetz des Flaschenzugs, 115- 116.
Warum die Gesetze in der Ausübung nicht genau in Erfüllung gehen, 116.**
Woher die Ungleichheit der Vortheile, welche ein Flaschenzug und eine Verbindung der Rollen = einem zusammengesetzten Hebel gewähren, 117.

Ma=

Maschine mit der Schnur ohne Ende, 117.**
Von dem Rade an der Welle. Radwelle. Göpel; Haspel; Kurbel; Haspelhörner; Hornhaspel; Kreuzhaspel; Laufrad; Tretrad; Krahn. Wind- und Wasser-Rad, 118.
Gesetz des Rades an der Welle, 119.
Was dieses Gesetz in der Ausübung beschränkt, 121.
Von der schiefen Ebene. Bewegung in der Richtung, die mit ihrer Länge, oder mit ihrer Basis parallel ist, 122.
Gesetz der Bewegung für den ersten Fall, 123. 1.
für den zweiten Fall, 123. 2.
Von dem Keile. Einfacher, doppelter Keil, 124.
Gesetz der Keilkraft, 125.
Von der Schraube. Schraubenspindel, Schraubenmutter. Pressen. Hebschrauben, 126.
Gesetz der Schraubenkraft, 127.
Hindernisse bei der Schraubenbewegung, 128.
Vortheil der Reibung bei der Schraube, 129.
Mehr zusammengesetzte Maschinen, aus zweien und mehrern Rädern, 130.
Rad. Getriebe. Sternrad. Kronrad. Schneckenrad, 131.
Von der Winde, 132.
Die Doppelwinde, 133.

Von

Von der Schraube ohne Ende, 134.
Beschränkte Wirkung dieser Maschine, 135.
Gebrauch dieser Maschine bei sanften Bewegungen, 135. *
Von dem Räderwerke insbesondere, 136.
Gesetz der Kraft eines Räderwerkes, 136-138.
Berechnung der Räderkraft, 136.*
Anwendung des Räderwerks auf eine Uhr, 138. *
Hydrostatik.
Natur der Tropfbarflüssigen, 141-143.
Druck der Flüssigen aufwärts wie abwärts, 145.
Allgemeines Gesetz des Druckes der Tropfbarflüssigen, im Verhältnisse der Höhe, 146.
Nachweisung des allgemeinen hydrostatischen Gesetzes, in besonderen Fällen: wenn das Gefäß durchaus gleichförmig ist, und vertical steht, 147.
Wenn ein gleichförmiges Gefäß geneigt ist, 148.
Wenn das Gefäß oben divergirt, 149.
Wenn das Gefäß oben convergirt, 150.
Wenn das Gefäß verschiedene Windungen hat, 150. *
Der Druck der Flüssigen im Verhältnisse der Höhe ist so allgemein, daß in communicirenden Röhren eine kleine Menge des Tropfbarflüssigen einer grossen und gleichartigen, von gleicher Höhe, das Gleichgewicht hält, 151-154.

Communicirende Röhren, in denen sich Flüssige von ungleichem specifischen Gewichte befinden. Gesetz des Druckes und Gleichgewichtes für diesen Fall, 155.
Druck der Flüssigen auf die Seiten der Gefässe, 156.
Gesetz des Druckes der Flüssigen auf die Seiten, 157.
Gesetze der Eintauchung fester Körper in Flüssige, 158 - 159.
Eintauchung der festen Körper, die einerlei specifisches Gewicht mit dem Flüssigen haben, 161.
Dynamische Ansicht, 161.**
Erklärungen, 161.***
Gesetze der Eintauchung, wenn die festen und flüssigen Körper von ungleichem specifischen Gewichte sind, 162.
Einfluß der Temperatur und des Luftdruckes auf die Gesetze der Eintauchung, 163.
Anwendung der Gesetze auf Bestimmung der specifischen Gewichte der festen Körper und der Flüssigen, 164.
Von dem Aräometer, 165.
Aräometer mit unverändertem Gewichte, 166.
Aräometer mit veränderlichem Gewichte, 167.
Vorsicht bei den Versuchen mit dem Aräometer, 168.
Von der hydrostatischen Wage. Eigenschaften derselben, 169.
Zweifache Einrichtung der hydrostatischen Wage, 169.*

Methode, mittelst einer hydrostatischen Wage die specifischen Gewichte der Körper zu bestimmen, und zwar 1. die der Flüssigen, 170-171.
2. die der festen Körper für sich, 172.
3. die der festen Körper in Vergleich mit den Flüssigen, 173.
Resultate solcher Versuche sind die Tabellen von Brisson: sie gehören unter die vollständigsten, und beziehen sich auf
die Metalle, 174. A.
die Edelsteine, 174. B.
die kieseligten Steine, 174. C.
die Thon- oder Alaun-artigen Steine, 174. D.
die kalkartigen, 174. E.
die Spathe, 174. F.
die Pechsteinartigen, 174. G.
die gemischten Steine, 174. H.
die vulkanischen, 174. I.
die künstlichen Gläser, 174. K.
die brennlichen Mineralien, 174. L.
die Wasser, 174. M.
die Geister, 174. N.
die Säuren, 174. O.
die Oele, 174. P.
die animalischen Flüssigen, 174. Q.
die vegetabil. u. animal. Substanzen, R.
die Hölzer, 174. S.
die Luftarten, 174. T.
Hydraulik, 175.

Von

Von der Bewegung eines Flüssigen durch Störung des Gleichgewichtes seiner horizontalen Oberfläche. (Wellenbewegung).
Newtons Theorie der Wellenbewegung, 178.
Lehrsätze, 179.
Von der Bewegung der Flüssigen durch ihr eigenes Gewicht.
Mechanisches Leben des Flüssigen, 180.
Vom Ausflusse der Flüssigen aus den Oeffnungen der Gefässe, die an dem Boden oder zur Seite angebracht sind. Gesetze für beide Fälle, 181 - 184.
Anwendung dieser Gesetze auf die Wasserleitungen, Quell- und Spring-Brünnen, 184. * *
Von den Quellbrünnen, 185.
Von den Springbrünnen, 186.
Hinderniß bei dem Ausflusse des Wassers aus den Oeffnungen, 187. 188.
Gestalt der Aufsatzröhren, 188.*
Hemmungen des Springwassers, 189.
Mariotte's Regel über die Höhe des Wasserstrals bei Springbrünnen, 190.
Von dem Laufe der Flüssigen durch ihr eigenes Gewicht, 191.
Grössere Höhe der Strombahn als des ruhenden Seitenwassers, 191.**
Wirkung des fließenden Wassers auf eine ruhende Fläche in senkrechter Richtung, 192 - 193.
Wirkung des fließenden Wassers auf eine ruhende Fläche in schiefer Richtung, 194.

Wir-

Wirkung des fließenden Wassers auf eine bewegte Fläche in einer sich selbst parallelen Richtung, 195.

Von der Bewegung der Tropfbarflüssigen durch Mitwirkung der atmosphärischen Luft.

Vom Heber, 197.

Dreierlei Phänomene des Hebers, 198-200.

Bedingungen der Heberphänomene, 201.

Anwendung der Heber zum Nutzen in den Kellern, und bei einer Wasserleitung über Berge, 203.

Anwendung der Heber zum Vergnügen in verschiedenen künstlichen Vorrichtungen, als da sind

die Heberfontäne, 205.

der Diabetes des Hiero, 206.

der magische Trichter, 207.

die unterbrochenen Heber (die brüderliche Liebe, der Zauberbecher, Kirchers-Brunnen), 208-210.

Die Kunstbrünnen: der des Hiero, der Wolfische, der wendbare, und der intermittirende, 211.

Von den Saug- und Druck-Pumpen, 212.

Saugwerk. Hebwerk. Spritze, 213.

Saugpumpe mit einer Saugröhre, 214.

Druckwerk. Gurgel. Steigröhre, 215.

Doppelte Druckpumpe, 217.

Druckpumpe mit und ohne Windkessel, 218.

Anwendung der Druckwerke auf Feuerspritzen. Stoß- und Gußspritzen. Gibel und Schlangenspritzen, 219.

Von

Von dem Stoßheber (Belier hydraulique), 220.
Wirkung dieser Maschine, 221.
Gesetzmässigkeit dieser Wirkung, 222.
Von der Bewegung der Flüssigen mittelst der Schöpfwerke.
Schöpfwerke sind: Die Wasserschraube, 224.
Die Schöpfräder, 225.
Das Kastenwerk, 226.
Das Kugelwerk, 227.
Die Wasserkunst, 228.
Aerostatik.
Begriff und Natur der Nichttropfbarflüssigen: ihre Darstellung in der Luft und in den Dämpfen, 229.
Die Luft drückt als Flüssiges nach den Gesetzen der Flüssigen, 233.
Die drückende Eigenschaft der Luft ändert sich bei ihrer Verdünnung und Verdichtung. Nachweisung dessen in den Erscheinungen der Luftpumpe, 234.
Vollkommener Mechanismus einer Luftpumpe. Hahnen-Ventilpumpen. Hebel-Kurbel-Steigbiegel-Haspel-Pumpen. Verticale, horizontale, schiefliegende Luftpumpen u. s. a. 234. *
Die Luft um uns her ist durch die aufliegende Luftmasse in einem zusammengedrückten Zustande, 235.
Bedingungen des Gleichgewichtes in der atmosphärischen Luft, 235.
Ausspannungsstreben der Luft und dessen Grösse, 236.

Mariottesches Gesetz, 236.*
Die Luft drückt nicht nur durch ihre Schwere, sondern auch durch ihre Elasticität auf die Körper, 237.
Veränderungen des Luftdruckes, bewirkt durch Veränderungen entweder des Gewichtes, oder der Elasticität, oder beider, 238. 239.
Luft durch chemische Operationen erzeugt, 240.
Gesetz des Luftdruckes, wenn Luftarten von verschiedenem specifischen Gewichte in Verbindung kommen, 240. I. II. oder:
Wenn zwei Mengen atmosphärischer Luft von verschiedener Temperatur zusammentreffen, 240.**
Absolute und specifische Elasticität der Luft. Ihr Gesetz, 241.
Alle Körper sind als Eingetauchtes in der Luft zu betrachten. Lehrsätze, die daraus folgen, 242.
Verhältniß des Luftdruckes nachgewiesen in mancherlei Vorrichtungen, als da sind:
das Manometer, 244.
Mühlen ohne Rad, 245.
die Dampfkugel. 246.
Feuerrad, 247.
die Torricellische Röhre, 248.
Anwendung der Torricellischen Röhre, auf
nähere Bestimmung des Luftdruckes, 250.
auf Höhen-Messungen, 251-252.
auf Gewitterbeobachtungen, 253.

Vor-

Vorschlag, die Torricellische Röhre, statt Barometer, zu benennen, Thlibometer, 253.
Verhältniß des Luftdruckes auf den Flug der Vögel, 254. und auf die Aerostaten, 255.
Aeltere Entwürfe von Aerostaten: die neuesten, und deren Ausführung, 255.
Das Gesetzmässige der Aerostaten, 256.
Construction und Behandlung derselben, 257.

Pnevmatik.

Bewegung der Luft durch ungleichen Druck in kleinen Luftmengen — Schall, 259-260.
Entstehen des Schalls in der Luft, 261.
Schwingungen, Schläge in der Luft: ihre geradlinigte, stralende Bewegung, 261.
Fortpflanzung des Schalls durch die Luft, 261.
Successive Bewegung des Schalls, 262.
Grösse der Bewegung des Schalls in der atmosphärischen Luft, 263.
Gleichförmigkeit der Bewegung, 264.
Geschwindigkeit des Schalls in ungleich elastischen und ungleich dichten Luftmassen, 266.
Abnahme des Schalls im umgekehrten Quadratverhältnisse der Abstände, 267.
Durchgang des Schalls durch feste Körper: Abprallung von denselben, 268.
Dynamische Bedeutung der Luft und des Schalles, 268. **
Schall durch Schießen erzeugt, 269.
Mechanische Unwirksamkeit des Schießens auf die Gewitter, 269.

Be=

Bewegung der Luft durch ungleichen Druck in grossen Luftmengen — Winde, 270-271.
Richtung der Winde, 272.
Geschwindigkeit der Winde, 273.
Stärke der Winde, 274.
Von den Werkzeugen, die Richtung und Stärke der Winde zu messen — von Windzeigern und Windmessern, 275.
Anwendung der mechanischen Kräfte der Winde, 276.
Bewegung der Nichttropfbarflüssigen durch Ausdehnung und Zusammendrückung mittelst der Wärme und Kälte, 277-279.
Windöfen. Kamine. Rauchfänge, 280.
Ventilatoren, 280.**
Glutpfannen. Chemische Oefen, 280.***
Bewegung der Nichttropfbarflüssigen mittelst der Maschinen — durch die Luftpumpe gegen den leeren Raum, 281.
durch den Blasebalg, 281.***
durch die Heber und die Wasserpumpen) durch hydro-pnevmatische Maschinen), 282.
durch die Dampfmaschinen, 283-288.
Bewegung der durch Maschinen verdichteten Luft, 289.
in dem Hieronsballe, 290.
in der Windbüchse 291.

Allgemeine Bewegungslehre.

Staatsbibliothek

Allgemeine Bewegungslehre.

1.

Die Lehre von der Bewegung überhaupt, und von den allgemeinsten Bewegungsgesetzen ist die **allgemeine Bewegungslehre.**

2.

Wenn irgend in einem Sein — in einem Naturwesen eine Aenderung vorgeht, und wir die Aenderung wahrnehmen: so verbindet sich in uns mit dem Begriffe von Raum der von Zeit, und wir nennen eine solche Aenderung die Bewegung — motus (Mein Lehrbuch der Naturwissenschaft, II. Heft): Bewegung ist demnach eine Veränderung der Verhältnisse im Raume; oder: Verbindung der Zeit mit dem Raume.

I. Die Factoren der Bewegung sind daher Raum und Zeit.

3.

Da jede Veränderung in der Natur Bewegung ist (2.), so muß die allgemeine Bewegungslehre die ganze Natur umfassen, mithin sich

auf die Materie,
auf das Licht,
und auf den Organismus

ausdehnen (M. Lehrbuch der Naturw. II. H.), und dann, in ihrer weitern Entwickelung, in drei Haupttheile zerfallen, in

I. die Bewegungslehre von der Materie;
II. die Bewegungslehre von dem Lichte;
III. die Bewegungslehre von dem Organismus — der Himmelskörper.

4.

Es sind diese Lehren als die besondern Bewegungslehren zu betrachten, und als solche zu behandeln: wir kennen auch wirklich drei besondere Bewegungslehren, und sind seit Langem in deren Besitze, unter den Namen:

I. Me-

I. Mechanik (die Bewegungslehre von der Materie);

II. Optik, Dioptrik, Catoptrik (die Bewegungslehren von dem Lichte);

III. Astronomie (die Bewegungslehre von den Himmelskörpern).

5.

Die Bewegungslehren haben nicht nur die Bewegung in der Natur, als Qualität, sondern auch als Quantität zum Gegenstande, und da sind die Bewegungslehren physisch-mathematische Lehren.

6.

In der allgemeinen Bewegungslehre sind Begriffe und Gesetze aufzustellen, die sich auf jede Bewegung — auf die

der Materie,
des Lichtes,
und der Himmelskörper

beziehen (3.). Da sich aber die Bewegung vor unsern Augen am stärksten in der Materie kund thut, so lasse ich in der allgemeinen Bewegungslehre immer den Begriff von Materie — von dem Körper herrschen: die Begriffe von

Be-

Bewegung, und die allgemeinsten Bewegungsgesetze sind immer auch für das Licht, seiner dynamischen Bedeutung unbeschadet, auf seine Weise geltend.

7.

Wir betrachten die Factoren der Bewegung, Zeit und Raum, nicht immer an und für sich, ohne alle Beziehung (absolut), sondern wir halten sie auch zusammen, vergleichen ihre Grössen, und sagen, wenn in derselben Zeit ein grösserer Raum, oder derselbe Raum in kürzerer Zeit zurückgelegt wird, daß die Bewegung geschwinder erfolge: die Vergleichung des Raumes, den ein Körper durchläuft, mit der Zeit, die darauf verwendet wird, gibt demnach den Begriff von Geschwindigkeit (celeritas), der allerdings ein blos relativer Begriff ist.

8.

Die Körper sind an und für sich unvermögend, ihren Zustand zu verändern: die Kraft, welche allen Körpern zukommt, und immanent ist (M. Lehrbuch der Naturw. II. H.), muß erregt — die Materie muß von Aussen her durch Erweckung ihrer innern Thätigkeit belebt werden. Hieraus geht hervor der Begriff von

Träg-

Trägheit der Körper (inertia corporum), als dem Unvermögen materieller Substanzen, ihren Zustand durch sich selbst zu verändern, und die klare Einsicht in die Wahrheit folgender Sätze, die den Namen der Gesetze der Trägheit führen:

I. Jede Bewegung setzt eine äussere Ursache als den Bedingungsgrund der Bewegung voraus.

II. Die Bewegung steht durchgängig im genauen Verhältnisse mit der bewegenden Ursache, als dem Bedingenden der Bewegung, oder: Der äussern Einwirkung correspondirt allemal eine Gegenwirkung, die jener proportionirt ist.

III. Ein Körper, der in demselben Raumverhältnisse beharret, d. h. in Ruhe ist, der bleibt in Ruhe, bis er von einer äussern Ursache bestimmt wird, sie zu ändern, und sich zu bewegen.

IV. Ein bewegter Körper bewegt sich unablässig, in der nemlichen Richtung, und mit derselben Geschwindigkeit, bis eine äussere Ursache eine Aenderung hervorbringt.

* Von der *Vis inertiae*, und der Controverse hierüber, in den Vorlesungen.

9.

Jeder Körper ist beweglich nach allen möglichen Richtungen; denn jeder kann **wirklich** nach jeder Richtung bewegt werden: es **muß daher jedem Körper ein Streben nach allen möglichen Richtungen einwohnen.** Wir können uns diese Strebungen eines Körpers nach allen Richtungen durch **Linien anschaulich machen** (Fig. 1. Taf. I.). So lange diese Strebungen nach allen Richtungen gleich sind, ist nirgends ein Grund da zur Bewegung, und wir begreifen aus den gleichen und entgegengesetzten Strebungen eines Körpers seine Ruhe (quies corporum).

Wirkt aber ein Körper von Aussen auf einen ruhenden Körper etwa durch einen Stoß $= m\,\mathrm{H}$ (Fig. 2. Taf. I.): so reagirt der ruhende, vermöge seiner Undurchdringlichkeit, in der Richtung des Stosses $= c\,\mathrm{H} = m\,\mathrm{H}$: da waltet dann vor das Streben des Körpers nach der entgegengesetzten Richtung $= b\,n = c\,\mathrm{H} = m\,\mathrm{H}$; und der Körper bewegt sich mit seiner durch den Anstoß erregten Kraft in der Richtung und im Verhältnisse des Stosses.

* Es wiederholt sich hier nur in Masse — in Körper-Form (mechanisch) das dynamische

sche Gesetz: „Gleichnamige Kräfte fliehen einander"; oder eigentlicher: Gleichnamige Kräfte suchen ihre Gegensätze (M. Lehrb. der Naturw. II. III. IV. H.); wornach in der Folge alle mechanischen Wirkungen zu deuten sind. —

** Was ist Masse? — Der **Druck** eines Körpers gibt uns den Begriff von **Masse**: wir bestimmen auch durchweg die Grösse der Massen durch die Grösse des **Druckes**, oder des Gewichtes eines Körpers. — Strebt schon jeder ruhende Körper, wie wir eben sagten, nach allen möglichen Richtungen, so prävalirt immer das Streben jedes Körpers nach dem **Mittelpuncte der Erde**: es fällt auch jeder, oder bewegt sich nach diesem Mittelpuncte, sobald er aufhört unterstützt zu sein. Soll daher ein ruhender Körper in Bewegung gesetzt werden, so ist vorerst die Prävalenz dieses seines Strebens zu besiegen — als **Widerstand** (*impedimentum inertiae*) zu überwältigen: daraus wird, was die Erfahrnng durchgehens bestätigt, begreiflich,

daß bei derselben Masse die Grösse der Bewegung im geraden Verhältnisse einer bewegenden Ursache, z. B. des Stosses; bei derselben Kraft, bei demselben Stosse aber im verkehrten Verhältnisse der Masse sei.

10.

Das Verhältniß im Raume kann mannigfaltig verändert, mithin die Bewegung aus mancherlei Gesichtspuncten betrachtet werden. — Daher die **Unterschiede der Bewegung**, die wir nennen:

1. in Hinsicht der **Lage**, entweder **wirklich** oder **scheinbar**; **gemeinschaftlich** oder **eigen**;

2. in Hinsicht der **Geschwindigkeit**, entweder **gleichförmig** oder **ungleichförmig**; und diese entweder **beschleunigt** oder **gehemmt** (abnehmend) — **gleichförmig** oder **ungleichförmig beschleunigt** oder **gehemmt** (abnehmend);

3. in Hinsicht der **Kräfte**, entweder **einfach** oder **zusammengesetzt**;

4. in Hinsicht der **Richtung**, entweder **geradlinigt** oder **krumm**;

5. in Hinsicht der **Art** und **Weise**, entweder **gleitend** oder **drehend**.

11.

Wirkliche Bewegung (motus verus) wird genennt jede **wirkliche** Veränderung der Raumverhältnisse: den Gegensatz hievon bezeichnen wir mit **scheinbarer Bewegung** (motus adparens). — Ein Schiff, das den Strom abwärts

rudert,

rudert, wird wirklich; das Gestad hingegen aufwärts nur scheinbar bewegt.

* Mit der wahren Bewegung ist, wie es erhellet, immer eine scheinbare verbunden. Wer seiner wirklichen Bewegung vergessend, über Veränderung der Raumverhältnisse urtheilt, steht in Gefahr, die scheinbare Bewegung mit der wahren zu verwechseln. Eine solche Verwechselung war ehedem allgemein, als man über die Bewegung der Sonne urtheilte.

** Gemeinschaftliche Bewegung (motus communis) ist die Bewegung eines Körpers, die ihm als einem Theile des bewegten Ganzen zukommt; eine Bewegung ohne solche Beziehung ist eine eigene (motus proprius). — Ein Mensch, der von Osten nach Westen geht, hat nach Westen eine eigene; nach Osten hingegen eine mit der Erde, die sich in dieser Richtung um die Axe drehet, gemeinschaftliche Bewegung.

12.

Durchläuft ein Körper in gleichen Zeiten gleiche Räume, z. B. der Zeiger einer Uhr, so heißt seine Bewegung gleichförmig (motus vniformis), die ihr entgegengesetzte Bewegung wird ungleichförmig (motus variatus) genennt.

13.

13.

Bewegt sich ein Körper so, daß er in gleichen Zeiten immer grössere Räume zurücklegt, oder gleiche Räume in stets kleinern Zeiten machet, so nennt man seine Bewegung beschleunigt (motus acceleratus). Werden die Räume immer in demselben Verhältnisse grösser, so ist die Bewegung gleichförmig beschleunigt (motus vniformiter acceleratus). — Beschreibt ein beweg-ter Körper gleiche Räume in immer wachsenden Zeiten, oder bei gleichen Zeiten immer abnehmende Räume, so ist die Bewegung eine gehemmte (motus retardatus); gleichförmig gehemmt (vniformiter retardatus), wenn das Verhältniß der wachsenden Zeiten oder der abnehmenden Räume gleich bleibt. — Ein frei fallender Körper dient uns zum Beispiele einer gleichförmig beschleunigten, und ein in die Höhe geworfener, zum Beispiele einer gleichförmig gehemmten Bewegung: woraus das Gegentheil, die ungleichförmig beschleunigte oder gehemmte Bewegung klar verständlich ist.

14.

Die von Einer Kraft bewirkte Bewegung wird eine einfache (motus simplex); die von

meh-

mehreren Kräften verursachte, eine zusammengesetzte (motus compositus) genennt. — Ein fallender Körper, durch die Eine Schwerkraft getrieben, bewegt sich einfach; ein in die Höhe geworfener, zusammengesetzt, durch die Kraft des Wurfes und durch die der Schwere. — Ein von mehrern Rudern, vom Segel, und von dem Strome des Wassers getriebenes Schiff hat eine sehr zusammengesetzte Bewegung.

15.

Nimmt ein Körper seine Richtung ohne einige Abweichung nach Einem Puncte hin, so bewegt er sich geradlinigt (motus rectilineus); weicht er aber von seiner Richtung wie immer ab, so ist seine Bewegung krummlinigt (motus curuilineus). Man kann bei der Bewegung der Körper von ihrem Umfange absehen, und sie als Puncte betrachten, und sofern beschreiben die bewegten Körper, Linien. Ein stets von seiner Richtung abweichender Körper beschreibt eine stetig krumme Linie, die entweder in sich zurückkehrt oder nicht: im ersten Falle geschieht das Wiederkehren entweder in der nemlichen oder in der entgegengesetzten Richtung; ist jenes, so heißt die Bewegung kreisend; ist

die=

dieses, so wird sie oscillirend genennt. Der Bewegung eines Körpers in einer krummen, in sich nicht zurückkehrenden Linie geben wir den Namen reciprocirend.

16.

Geschieht die Bewegung eines Körpers über einen andern hin so, daß dieselben Theile des einen nach und nach die Theile des andern berühren, so nennt man die Bewegung gleitend (motus radens); erfolgt die Bewegung eines Körpers so, daß nach und nach immer verschiedene Theile desselben die Theile eines andern berühren, so sagt man, der Körper drehe sich, oder rolle (motus voluens): ein gesperrtes Wagenrad gleitet, ein freies dreht sich.

17.

Wie immer eine Bewegung geschieht, so unterliegt sie überall äussern Einflüssen, welche

entweder die Richtung der Bewegung ändern,

oder der Bewegung Hemmung entgegensetzen.

Unsere Lehre von den allgemeinsten Bewegungsgesetzen nimmt einen solchen Gang, daß wir vorerst von allen äussern Einflüssen, welche

die

die Richtung der Bewegung ändern, oder die Bewegung hemmen, ganz absehen, alsdann erst die Gesetze der Bewegung, sofern sie Aenderung in ihrer Richtung erleidet, aufstellen, und endlich von den allgemeinen Hindernissen der Bewegung handeln.

Gesetze der Bewegung, sofern von den äussern Einflüssen abgesehen wird.

18.

Gesetze der gleichförmigen Bewegung. Der Begriff von Bewegung bezieht sich nothwendig auf die Begriffe von Zeit und Raum, und ihr Verhältniß (2. 7.): alle Fragen also über die Grösse der Bewegung eines Körpers gehen hinaus auf das wie lange dauert die Bewegung? wie weit, und wie geschwind geht sie? — Die Gesetze der gleichförmigen Bewegung halten sich auch ganz in dieser Sphäre.

1. Bewegen sich zwei Körper A und B (der Minuten- und der Stunden-Zeiger einer Uhr) gleichförmig und gleichlange Zeit; A durchläuft aber einen zwölfmal grössern Raum als B, so ist die Bewegung von A zwölfmal geschwinder, als die von B.

* Der Minutenzeiger macht nemlich innerhalb 12 Stunden den Raum des Stundenzeigers zwölfmal: beschreibt also in derselben Zeit einen zwölfmal grössern Raum, und wir sagen recht, der Minutenzeiger bewege sich zwölfmal geschwinder, als der Stundenzeiger.

2. Legen A und B durch gleichförmige Bewegung einen gleich grossen Raum zurück (der Minuten- und der Stunden-Zeiger den von XII bis XII); B braucht aber zwölfmal mehr Zeit dazu: oder A durchläuft ihn in einer zwölfmal kürzern Zeit, so ist die Bewegung von A abermal zwölfmal geschwinder.

* Nemlich der Minutenzeiger langt von XII ausgehend, innerhalb einer Stunde, bei XII wieder an, während daß der Stundenzeiger erst nach 12 Stunden XII erreicht: derselbe Raum wird daher von dem Minutenzeiger in einer zwölfmal kleinern Zeit: also zwölfmal geschwinder durchlaufen.

I. Ist demnach die Bewegung gleichförmig, so verhalten sich die Geschwindigkeiten in gleichen Zeiten wie die Räume, und bei gleichen Räumen umgekehrt wie die Zeiten.

* Bezeichnen wir die Geschwindigkeit = C; den Raum = S; die Zeit = T: so ist

der

der algebraische Ausdruck für das Gesetz der gleichförmigen Bewegung $C = \frac{S}{T}$. Vergleicht man zwei gleichförmig bewegte Körper miteinander, so ergeben sich folgende Formeln:

1. $C : c = \frac{S}{T} : \frac{s}{t}$;
2. $S : s = CT : ct$;
3. $T : t = \frac{S}{C} : \frac{s}{c}$.

Z. B. es durchlaufe ein Körper A den Raum 12 Schuh innerhalb 3 Minuten: ein anderer B 25 Schuh innerhalb 5 Minuten, so ist die Geschwindigkeit des Körpers A zu der von B als wie $\frac{12}{3} : \frac{25}{5} = 4 : 5$

U. s. w.

** Der Raum, den ein Körper mit gleichförmiger Bewegung beschreibet, wird durch ein Parallelogram (Fig. 3. Taf. I.) richtig abgebildet; denn stellt AB die Zeit, BC die Geschwindigkeit vor, und theilen wir AB in gleiche Theile, so wird es anschaulich, daß in gleichen Zeiten immer gleiche Räume durchlaufen werden: mithin sich die Geschwindigkeiten wie die Räume verhalten; daß der Raum sei, wie das Product aus der Geschwindigkeit in die Zeit; die Zeit aber wie der Raum getheilt durch die Geschwindigkeit. —

19.

Gesetze der gleichförmig beschleunigten Bewegung. Vermöge des Begriffes einer gleichförmig beschleunigten Bewegung, erhält der bewegte Körper in allen folgenden Zeiten an Geschwindigkeit stets **gleichen Zuwachs**: die Reihe also, welche die Zahl der vom Anfange der Beschleunigung durchlaufenen Momente ausdrückt, ist der Ausdruck für die Zahl der Grade erworbener Geschwindigkeit: es steht daher die **während der Beschleunigung erhaltene Geschwindigkeit genau mit der Zeit im Verhältnisse.**

* Die Kraft, wodurch eine gleichförmig beschleunigte Bewegung bewirkt wird, muß eine stetig wirkende Kraft sein: wir kennen eben die Schwere als solche. Eine solche Kraft heißt beschleunigende Gewalt (vis acceleratrix).

20.

Lehrsatz. Der Raum, den ein Körper mit gleichförmig beschleunigter Bewegung macht, wird richtig durch ein rechtwinklichtes Dreieck vorgestellt. In eben diesem Dreiecke werden auch die weitern Gesetze der gleichförmig beschleunigten Bewegung unter

Anschauung gebracht. — Es sei die Zeit einer gleichförmig beschleunigten Bewegung, z. B. eines fallenden Körpers durch die Seite AB (Fig. 3. Taf. I.) ausgedrückt, und der Anfang der Zeit sei A. Man theile die Seite AB in gleiche Theile 1, 2, 3, 4, und ziehe durch die Theilungspuncte die Linien 1 *a*, 2 *b*, 3 *c*, 4 *h*: diese Linien verhalten sich wie ihre Entfernungen von A = A 1, A 2, A 3, A 4, das ist, wie die durch diese Entfernungen bestimmte Zeiten. Diese Linien stellen also die Geschwindigkeiten des fallenden Körpers für die Zeiten des Falles vor. — Setzen wir, die Linie A 1 werde in unendlich viele kleine Theilchen getheilt, und durch alle Theilungspuncte werden mit 1 *a* Parallelen gezogen, so bezeichnen diese die Geschwindigkeiten, die dem fallenden Körper in jedem unendlich kleinen Zeittheilchen zukommen. Da nun in unendlich kleinen Zeittheilchen kein Zuwachs des Raumes statt hat, so verhält sich der Raum in jedem unendlich kleinen Zeittheilchen, wie die Geschwindigkeit (die Bewegung ist gleichförmig, 18. I.): es ist daher die Summe aller dieser gleichen Momente in der Zeit = A 1 beschriebenen Räumchen, die Summe aller Geschwindigkeiten, oder aller mit 1 *a* gezogenen Parallellinien, welche jene vorbilden.

Aber eben die Summe aller dieser Linien machen den Raum des ganzen Dreieckes A 1 *a* aus: folglich wird der mit gleichförmig beschleunigter Bewegung durchlaufene Raum in der Zeit A 1 richtig durch das rechtwinklichte Dreieck A 1 *a* vorgebildet. Aus dem nemlichen Grunde stellt auch das Dreieck A 2 *b* den Raum vor, welchen ein Körper in der Zeit A 2 durchläuft u. s. w. — Und so wird dann überhaupt der Raum, den ein Körper mit gleichförmig beschleunigter Bewegung macht, richtig durch ein rechtwinklichtes Dreieck vorgestellt.

I. Die Dreiecke A 1 *a*, A 2 *b* u. s. w. sind ähnliche Dreiecke; da aber ähnliche Dreiecke im Verhältnisse der Quadrate ihrer ähnlich liegenden Seiten (later. homolog.) stehen, so verhalten sich die Dreiecke $A1a : A2b = A1^2 : A2^2$, oder $= 1a^2 : 2b^2$, und so weiter, das ist: die mit gleichförmig beschleunigter Bewegung zurückgelegten Räume verhalten sich, wie die Quadrate der Zeiten; und wie die durch Beschleunigung erworbenen Geschwindigkeiten.

* Algebraisch: $S = T^2$, und $= C^2$: mithin $T = \sqrt{S}$, und $= \sqrt{C}$.

II.

II. Vergleichen wir die in jedem Zeittheilchen 1, 2, 3, 4, zurückgelegten Räume untereinander, so verhalten sie sich wie die Flächen A 1 *a*, 1 *a b* 2, 2 *b c* 3, 3 *c h* 4; es enthält aber die Fläche 1 *a b c* drei, die Fläche 2 *b c* 3 fünf, die Fläche 3 *c h* 4 sieben Dreiecke, deren jedes A 1 *a* gleich ist: es verhalten sich also die in jedem Zeittheilchen mit gleichförmig beschleunigter Bewegung durchlaufenen Räume als wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7 u. s. w.

III. Würde ein Körper, der mit gleichförmig beschleunigter Bewegung bei 4 angelangt ist, fortfahren, mit der erhaltenen Geschwindigkeit = B C sich gleichförmig zu bewegen, so würde er einen Raum machen = dem Parallelogram A D B C (18. I. **). Da nun das rechtwinklichte Dreieck A B C die Hälfte von dem Parallelogram ist $= \frac{A D B C}{2}$, so verhält sich der mit gleichförmig beschleunigter Bewegung durchlaufene Raum zu dem in derselben Zeit mit gleichförmiger Bewegung zurückgelegtem Raume als wie $\frac{1}{2} : 1$.

IV. Bringt man endlich die beschleunigende Gewalt (19.*) in Rechnung, so erhält der Raum, den ein Körper mit gleichförmig be-

beschleunigter Bewegung durchläuft, seine volle Bestimmung durch die Formel $S = VT^2$.

* Die aufgestellten Gesetze wurden von Galilei, Riccioli, Grimaldi und Cassini, bei ihren Untersuchungen über den Fall der Körper, durch Experimente bestätigt (M. Lehrbuch der Naturw. II. Heft).

** Die Fallmaschine des D. Athowd dient einigermassen auch, die Gesetze der gleichförmig beschleunigten Bewegung unter empirische Anschauung zu bringen.

*** Anwendung läßt sich von den aufgestellten Gesetzen machen bei Auflösung mancher Probleme, z. B. wie hoch ein Thurm, wie tief ein Brunnen sei? u. d. gl. Die Lösung dieser Fragen geschieht durch die Formel $S = T^2$. Man läßt nemlich ein Steinlein von der höchsten Höhe fallen, und zählt die Secunden der Fallzeit; quadrirt dann diese Zahl, und multiplicirt das Quadrat mit 181 Pariser Zoll; denn so viel Raum durchläuft ein Körper in den gewöhnlichen Entfernungen vom Mittelpuncte der Erde durch freien Fall. Dauert das Fallen 4 Secunden, so ist die Thurmhöhe oder die Brunnentiefe $= 16 . 181 = 241$ Schuh 4 Zoll. — Für die physische Astronomie ist die Frage wichtig; da auf Erden durch freien Fall eines

Kör=

Körpers binnen 1 Secunde 181 Zoll durchlaufen werden, wie viel Zeit braucht der Mond, wenn wir ihn gegen die Erde fallend setzen, zur Durchlaufung des Raumes = 181 Zoll? Der Mond ist von dem Mittelpuncte unserer Erde 60 Halbmesser der Erdkugel entfernt. Die Erdkörper haben einen Abstand von demselben Mittelpuncte, den Abstand Eines solchen Halbmessers. Wir wissen anderweitig, daß die Schwere im umgekehrten Quadratverhältnisse der Abstände vom Mittelpuncte abnehme (M. Lehrb. der Naturw. II. H.), und da ist dann die Schwerkraft, welche den Mond gegen den Mittelpunct der Erde treibet 60 . 60 = 3600 mal kleiner als jene, womit die Erdkörper gegen dasselbe Centrum hingetrieben werden. Ist nun die beschleunigende Gewalt der Erdkörper so groß, daß sie innerhalb einer Secunde 181 Zoll durchlaufen, so wird die beschleunigende Gewalt des Mondes sein $= \frac{181}{3600}$. Der Raum S ist nach dem vorhin Gesagten = 181 Zoll: S ist aber $= V T^2$ (20. IV.), folglich die Zeit $T = \sqrt{\frac{S}{V}} = \sqrt{3600}$ $= 60'' = 1'$: also gravitirt der Mond mit einer solchen beschleunigenden Gewalt gegen den Mittelpunct der Erde, daß er in einem 60 mal grössern Abstande den Raum von 181 Zoll innerhalb 1 Minute durchläuft. U. s. w.

21.

Wenn ein Körper senkrecht in die Höhe geworfen wird, so thut die stets senkrecht widerstehende Schwere der Geschwindigkeit des geworfenen Körpers in jedem folgenden Zeittheilchen gleichen Abbruch, das heißt: seine Bewegung ist gleichförmig abnehmend (13.). Bei einer gleichförmig abnehmenden Bewegung verhalten sich, dem Begriffe nach, die Veränderungen in der Geschwindigkeit, wie die Zeiten: es ist daher eine gleichförmig abnehmende Bewegung eine umgekehrt gleichförmig beschleunigte.

I. Die Gesetze der gleichförmig beschleunigten Bewegung gelten also auch von der gleichförmig abnehmenden, nur in verkehrter Ordnung. — Die Räume, die durch gleichförmig abnehmende Bewegung in jedem folgenden Zeittheilchen zurückgelegt werden, verhalten sich, wie die ungeraden Zahlen 7, 5, 3, 1 (man betrachte das rechtwinklichte Dreieck ABC (Fig. 3. Taf. I.) von unten herauf). — So sind auch die abnehmenden Räume vom Anfang der Bewegung (von BC), bis zur völligen Erschöpfung derselben (bis zu A), wie die Quadrate der Zeiten oder der Geschwindigkeiten, u. s. w.

22.

Gesetze der zusammengesetzten Bewegung. Wirken zwei Kräfte AB und AC (Fig. 4. Taf. I.) unter dem Winkel CAB auf einen Körper, so muß eine Bewegung erfolgen, die mit beiden Kräften ein Verhältniß hat (§. II.). Je stumpfer der Winkel CAB ist, desto entgegengesetzter sind sich einander die Kräfte, welche auf die Körper ihre Wirkung äussern. Hingegen nimmt die Entgegensetzung der Kräfte in dem Maße ab, in welchem sich der Winkel CAB zuspitzt, oder: je spitziger der Winkel ist, unter welchem zwei Kräfte auf einen Körper wirken, desto mehr conspiriren sie: es muß daher die Wirkung zweier Kräfte unter einem stumpfen Winkel immer gehemmter sein, als unter einem spitzigen. Wird der Winkel CAB unendlich groß gesetzt, so verschwindet alle Neigung der beiden Richtungen AC und AB, sie sind sich einander völlig entgegengesetzt, und der Abbruch, den sich die in diesen Richtungen entgegengesetzten Kräfte thun, ist die möglich größte. Setzen wir den Winkel CAB unendlich klein, so fallen die beiden Richtungen AC und AB zusammen, die Entgegensetzung der Kräfte verschwindet ganz, ist $= 0$;

= o; und die Bewegung muß an Gröſſe den Gröſſen beider Kräfte AC und AB gleich ſein.

I. Die zuſammengeſetzte Bewegung läßt ſich daher auf folgende Fälle und Ausdrücke bringen:

entweder vereinen ſich zwei Kräfte in derſelben Linie ſo, daß ſie nach demſelben Puncte hin-, oder ſich einander entgegen-ſtreben;

oder es vereinen ſich zwei Kräfte in verſchiedenen Richtungslinien, die einen Winkel bilden.

23.

Dieſemnach ergeben ſich folgende Geſetze der zuſammengeſetzten Bewegung: 1. Wirken zwei Kräfte auf einen Körper ſo, daß ihre Richtungen in dieſelbe Linie fallen, und nach demſelben Puncte zielen, ſo entſteht eine zuſammengeſetzte Bewegung, deren Gröſſe der Gröſſe der zuſammenſetzenden Kräfte (vires componentes) gleich iſt.

* Wird aus einem Schiffe, das von dem Strome abwärts getrieben wird, mit einem Steine gegen die Brücke geworfen, ſo prällt der Stein an, mit der Kraft ſowohl des Wurfes, als des rinnenden Schiffes.

2. Wir-

2. Wirken zwei Kräfte auf einen Körper so, daß sie in die nemliche Linie fallen, aber eine sich ganz entgegengesetzte Richtung nehmen, so ist die daraus hervorgehende Bewegung entweder = o (wenn die Kräfte gleich sind), oder = der Differenz, welche sich ergibt, nachdem (bei ungleichen Kräften) die schwächere von der stärkern abgezogen wird.

* Lassen wir von dem Schiffe, nachdem es durch eine Brücke durchgegangen ist, auf diese einen Stein zurückwerfen, so haben wir den Fall dieser Bewegung.

3. Bilden endlich die Richtungen zweier Kräfte, welche zugleich auf einen Körper wirken, einen **Winkel**, so gleicht die resultirende Bewegung der **Diagonallinie** AD des durch die beiden Richtungen der Kräfte AB und AC Parallelograms ABDC (Fig. 4. Taf. I.); denn der Körper, den Bestimmungen AC + AB folgend, kann keine andere Bewegung machen, als die, welche **beiden Kräften proportional** ist (8. II.): also die durch den **Mittelweg**, den die **Diagonale** AB ausdrückt.

* Dieser für sich klare Satz mag noch so erläutert werden: Der Körper, durch die Kraft AC getrieben, muß irgendwo in CD an-

anlangen, und derselbe Körper durch AB bewegt, muß gleichfalls am Ende seiner Bewegung irgendwo in CD sein: dieses Irgendwo kann aber kein anderer, als der gemeinschaftliche Punct D sein, zu dem nur der Mittelweg, die Diagonallinie führet. — Man macht die Wahrheit dieses Satzes auch anschaulich in Maschinen, deren Erfinder Gravesande, Nollet, Eberhard u. a. sind. — Dasselbe Gesetz spricht sich in vielen Naturerscheinungen aus, solche sind — das Fliegen der Vögel, indem sie ihre Bewegung gewöhnlich mit zwei entgegengesetzten Schlägen ihres Schwanzes anfangen — die Bewegung der Muskeln im thierischen Leibe — ein aus dem fahrenden Wagen geworfener Körper — ein Kirschkern von zweien Fingern gepreßt — eine elfenbeinerne Kugel von zweien Hammern unter einem Winkel angeschlagen — ein Schiff, das quer über den Strom rudert, und zugleich von dem Wasser abwärts getrieben wird u. s. w. Daraus erklärt sich die nöthige Vorsicht, wenn man gedrungen ist, aus einem schnell bewegten Wagen oder Schiff zu springen u. s. w.

24.

Folgesätze: I. Die Geschwindigkeit eines Körpers, die er durch zusammengesetzte Be-

Bewegung erhält, ist zu jener einer einzelnen Wirkung, wie die der Diagonallinie zu eben der Richtung einer einzelnen Kraft = AD : AB oder : AC.

II. Da die Diagonallinie AD stets kleiner ist, als die Summe von beiden AC + AB, so ist auch die Geschwindigkeit der zusammengesetzten Bewegung immer kleiner, als die wäre, welche die beiden Kräfte nach einer und derselben Richtung wirkend hervorbringen würden.

III. Da ferner die Diagonallinie immer wächst, je spitziger der Winkel wird, unter dem AC und AB auf den Körper wirken, so muß auch die Geschwindigkeit, mit welcher der Körper sich bewegt, um so viel grösser sein, als spitziger der Winkel ist, den die Richtungen der Kräfte bilden, und um so viel kleiner, als stumpfer der Winkel ist.

* Daher können einerlei Kräfte blos durch veränderte Neigung ihrer Richtungen, sehr verschiedene Bewegungen hervorbringen.

IV. Da es ganz einerlei ist, ob sich ein Körper mit der Gewalt AD allein, oder mit AC + AB zugleich beweget, so kann man durchgehens eine Diagonallinie für zwei Kräfte substituiren, mit deren Richtungen ein Parallelogram gegeben ist.

Auf gleiche Weise, da zwei Kräfte AC + AB der Diagonallinie AD gleichgeltend sind, so können zwei Kräfte-Richtungen statt der Einen — statt der Diagonale gesetzt werden.

* *Compositio* und *resolutio motus.*

** Eine schief wirkende Kraft gleicht einer Diagonallinie. Da diese immer kleiner ist, als die beiden Directionen, woraus sich ein Parallelogram gestaltet (II.), so ist klar, daß eine schiefe Kraft immer schwächer wirkt, als eine verticale. In der verticalen finden sich die Kräfte vollkommen conspirirend (22.).

V. Endlich leuchtet es ein, daß, wenn die Kräfte AB + AC, nachdem der Körper bei D angelangt ist, in einem unveränderten Verhältnisse fortwirken, der Körper seine Bewegung in der nemlichen Richtung unverändert fortsetzen werde (8. IV.): hingegen, daß die geringste Veränderung in Einer Kraft das Verhältniß zueinander, und dadurch die Richtung des bewegten Körpers ändern, und seine Bewegung, von der vorigen Richtung abweichend, krummlinigt werden müsse.

* Wird ein Körper von mehrern als zwei Kräften getrieben, so gelten, wie es für sich klar ist, dieselben Gesetze. Es ist auch leicht

der

der Weg anzugeben, den ein Körper nimmt, wenn er von mehrern Kräften, unter Richtungen, die einen Winkel machen, bewegt wird. — Ein Körper sei durch AC, AD und AB getrieben (Fig. 5. Taf. I.). Man sucht zu AB und AD die Diagonallinie A*m*; diese gibt dann, verglichen mit der dritten Kraft AC, die Diagonale A*n* — den Weg des durch obige drei Kräfte bewegten Körpers.

25.

Gesetze der gleitenden und drehenden Bewegung über eine geneigte Ebene (planum inclinatum).

Erklärungen: 1. Eine gegen den Horizon sich neigende Fläche heißt eine geneigte Ebene (schiefe Ebene). Die Seite AB (Fig. 6. Taf. I.) wird die Höhe, AC die Länge, CB die Grundlinie (Basis) der geneigten Ebene genannt. Der Winkel, den die Länge des Planums AC mit der Grundlinie CB gestaltet, heißt der Neigungswinkel des Planums (angulus inclinationis).

2. Legt man einen Körper auf eine geneigte Ebene, daß er sich über dasselbe gleitend oder drehend bewege, so unterscheiden wir in demselben eine Gewalt, womit er sich über das Pla-

num

num zu bewegen strebt, von der, womit er auf dem Mittelpunct der Erde schwer ist, und verti= cal auf den Horizon zu fallen trachtet; jene nen= nen wir die respective, diese die absolute Ge= walt des Körpers (vis respectiua, vis absoluta).

26.

Lehrsatz: Ein Körper, der sich über eine schiefe Ebene bewegt, drückt auf die= selbe, oder wird von ihr unterstützt, zum Theile getragen. Es liege ein Körper O (Fig. 6. Taf. I.) von ungefähr 3 Pfund auf einer ge= neigten Ebene, und die Länge der Ebene AC sei zur Höhe AB = 3 : 1. Ein Gewicht P von 1 Pfund hält den Körper O, daß er sich nicht ab= wärts bewege. — Da hier nichts ist, was den Körper vor dem Fallen sichert, als die schiefe Ebene und das Gewicht; dieses aber nur 1 Pfund beträgt, so muß das übrige Gewicht — ein Theil des Körpers, von dem Planum unter= stützt, getragen werden. — Auf dieselbe Weise beobachtet man, daß das Gewicht P um so viel kleiner sein dürfe, um den Körper O zu halten, je grösser die Neigung des Planums zum Hori= zon ist, oder je mehr die Länge der Grundlinie nahe kommt.

I. Die respective Gewalt eines über ein Planum sich bewegenden Körpers ist daher immer kleiner, als die absolute, und: da eine äussere Gewalt, z. B. das Gewicht P, welche sich der Bewegung des Körpers entgegen stemmt, eben die respective Gewalt zu überwinden hat, so erhellet, daß eine äussere Gewalt immer kleiner sein dürfe, als das Gewicht des Körpers, und zwar um so viel kleiner, als grösser die Neigung des Planums ist, oder als näher die Länge der Grundlinie kommt.

II. Wird die Länge der Grundlinie gleich, so verschwindet alle Neigung des Planums; aber dann ist auch alle respective Gewalt dahin, oder vielmehr: die absolute Gewalt tritt an die Stelle der respectiven; denn der Körper drückt in diesem Falle mit seinem ganzen Gewichte auf die Länge AC = der Basis BC.

27.

Die Gesetze, welche hier walten, sind demnach folgende: 1. Der Druck eines Körpers auf eine schiefe Ebene verhält sich zu dem Gewichte desselben, wie die Grundlinie zur Länge, oder: wenn wir den Druck V nennen, und das ganze Gewicht P, so ist V : P = BC : AC.

2. Und: die respective Gewalt = v, womit ein Körper über ein Planum zu fallen strebt, ist zu dem ganzen Gewichte, wie die Höhe AB zur Länge AC, oder: v : V = AB : AC.

* Mathematisch finden wir die Gesetze so: jeder Körper strebt vermöge seiner Schwere in einer auf den Horizon senkrechten Linie zu fallen. Wir können daher die absolute Gewalt des Körpers O (Fig. 6. Taf. I.) durch die Linie ac, welche auf CB vertical geht, ausdrücken. Für ac können gesetzt werden ad und $ab = cd$ (24. IV.). Die Richtung der Kraft ad steht senkrecht auf dem Planum AC, bezeichnet daher den Druck des Körpers auf dasselbe, und muß durch dessen Reaction (die unterstützend wirkt) als vernichtet angesehen werden. Es wird daher der Körper O nur mit der Kraft $ab = dc$ über das Planum bewegt. Die Dreiecke acd und ACB sind einander ähnlich (acd und CAB sind Wechselwinkel u. s. w.): es ist also $cd = ab$ (die respective Gewalt) zu ac (zur absoluten), wie AB : AC. Aus demselben Grunde ist ad (der Druck des Körpers auf das Planum) zu ac (zu seinem ganzen Gewichte), als wie die Grundlinie BC zur Höhe AC.

** Steht ein Wagen auf der Ebene, so wird er ganz unterstützt; steigt der Wagen

berg-

bergan, so wird nur ein Theil des Wagens und seiner Last unterstützt: und von den Pferden, die den Wagen ziehen, ist die respective Gewalt zu überwinden, die sich um so grösser zeigt, als steiler der Berg — als Fleiner die Neigung des Planums zur Grundlinie ist.

28.

Das Dreieck ACB (Fig. 6. Taf. I.) bleibt unverändert dasselbe, obgleich die Stellung des Körpers O verändert — derselbe weiter hinauf, oder weiter herab gerückt wird: folglich ist die respective Gewalt $= ab$, womit sich der Körper über das Planum zu bewegen strebt, auf dem Planum constant: sie bewirkt daher, als beschleunigende Gewalt, im Falle der wirklichen Bewegung, daß der Körper in gleichen Zeiten immer gleichen Zuwachs von Geschwindigkeit erlanget, und sich mithin gleichförmig beschleunigt bewegt (19.).

I. Was also von der gleichförmig beschleunigten Bewegung bewiesen worden ist (20.), gilt auch von der Bewegung der Körper über eine geneigte Ebene. Nur ist hier die Bewegung langsamer als bei dem freien Fall, weil die re-

spective Gewalt, die immer kleiner als die absolute ist (26. I.), die Beschleunigung wirket. — Daher kommt es, daß Galilei, Riccioli u. a. die Gesetze des Falles untersuchend, mit Kugeln, die sich in geneigten Rinnen bewegten, ihre Versuche anstellten: sie konnten in der langsamern Bewegung der Kugeln die Räume, die sie machten, leicht messen, ihr Verhältniß zur Zeit wahrnehmen, und so die Gesetze der gleichförmig beschleunigten Bewegung durch den Augenschein bewähren (20. *).

29.

Je grösser die Neigung des Planums, oder, je grösser seine Länge in Hinsicht auf dieselbe Höhe ist, desto kleiner ist die respective — mithin die beschleunigende Gewalt (vorherg.): woraus ferner folgt:

I. Die Zeiten, in welchen Körper über verschiedene Ebenen AC und AH (Fig. 6. Taf. I.) von derselben Höhe AB herunterfallen, stehen im Verhältnisse der Längen zur Höhe.

II. Die Geschwindigkeit eines über ein Planum bewegten Körpers verhält sich zu der senkrechten von gleicher Zeit, als wie die Höhe zur Länge.

III.

III. Und, der Raum, den der Körper in der Bewegung über eine schiefe Ebene macht, verhält sich zu dem Raume in der senkrechten, gleichzeitigen Bewegung eben auch wie die Höhe zur Länge.

30.

Setzen wir, daß ein Körper in einer gewissen Zeit senkrecht durch AB (Fig. 15. *a* Taf. I.) falle; und ziehen wir von B auf das Planum AC einen Perpendicel: so drücket AD den Weg aus, den ein Körper in seiner Bewegung über das Planum in derselben Zeit hinterlegt, in welcher er von der Höhe AB fällt (24. IV. — 27.* — 29. III.): daraus gehen folgende bedeutsame Sätze hervor:

I. Wenn die Hypothenuse AB (Fig. 15. *a* Taf. I.) eines rechtwinklichten Dreieckes ABD senkrecht steht, so wird ein Körper in eben der Zeit den Cathedus AD durchlaufen, in der er durch die senkrechte Höhe AB herabfällt.

II. Weil in einem Kreise die Winkel *m m* (Fig. 15. *b* Taf. I.), welche die Sehnen über dem Durchmesser bilden, alle rechtwinklicht sind, und die Hypothenuse (= dem Durchmesser *o n*) in senkrechter Richtung dasteht,

so

so ist die Zeit des Falles durch jede Sehne derjenigen gleich, in der ein Körper durch den senkrechten Durchmesser *on* fällt.

31.

Gesetze der Bewegung in Fällen, wo die Richtung bewegter Körper durch äussere Einflüsse abgeändert wird.

Unter die äussern Einflüsse, welche eine Richtungs-Aenderung in der Bewegung bedingen, rechnen wir:

I. Die Mitteldinge (corpora media).
II. Die Gegenstände, auf die ein Körper auffällt.
III. Die Körper, woran ein bewegter Körper anstößt.
IV. Die Schwere oder der Trieb der Körper nach einem Mittelpuncte.

32.

I. Die Gesetze der Abweichung eines bewegten Körpers von seiner Richtung im Mittel. — Erklärungen: 1. Die Umgebung, worinn eine Bewegung vorgeht, nennen wir das Mittel.

2. Er=

2. Erleidet ein Körper durch das Mittel eine **Ablenkung** von seiner geraden Richtung, und beschreibt dann in seiner fortgesetzten Bewegung wieder eine **gerade Linie**, so heißt seine Bewegung eine **gebrochene** (motus refractus).

3. Der **Winkel**, den die neue Richtungslinie mit der vorigen in Gedanken verlängerten Richtungslinie bildet, wird **Abweichungswinkel** (angulus refractionis) genennt.

4. Der Körper trifft manchmal in seiner Bewegung verschiedene Mittel in Hinsicht auf ihre **Dichtigkeit**, und geht diese entweder **senkrecht** oder schief ein.

33.

Gesetze. Lassen wir einen sphärischen Körper A (Fig. 7. Taf. I.) in ein neues **dichteres** Medium, z. B. aus der Luft in das Wasser **senkrecht**, in der Richtung *e g*, eintreten: das neue Medium wirkt dem senkrecht bewegten Körper senkrecht entgegen; da verliert dann der Körper durch die Reaction des Mittels von seiner Geschwindigkeit; aber in seiner Richtung wird nichts geändert (23. 2.). Aus gleichem Grunde wird die Richtung eines Körpers, der aus einem dünnern in ein dichteres Mittel übergeht, nicht geändert,

ändert, blos gewinnt er an Geschwindigkeit: er bewegt sich itzt mit dem Ueberschuß seiner Kraft (23. 2.), also: Bei dem senkrechten Eintritte eines Körpers in ein neues, mehr oder minder widerstehendes Medium, wird blos seine Geschwindigkeit, keineswegs seine Richtung geändert.

II. Machen wir, daß der Körper A (Fig. 7. Taf. I.) schief ein neues Medium eingehe, so wird seine Bewegung gebrochen, und zwar in Beziehung auf die senkrechte Richtung (hier *e g*), entweder von dem Perpendicel, oder zu dem Perpendicel gebrochen, je nachdem der Eingang in ein dichteres oder dünneres (mehr oder weniger widerstehendes) Medium geschieht.

* Wir können dieses alles anschaulich machen. Ein Körper bewege sich aus der Luft in das Wasser, dessen Gränzen A D (Fig. 7. Taf. I.) bezeichnen, schief nach *f*. Diese schiefe Richtung *e f* ist zu betrachten als Diagonallinie des Parallelograms *e* D *g f*, mithin gleichgeltend mit *e* D und *e g* (24. IV.). Nun reagirt, widersteht das neue Medium mehr = der Verticalkraft *i g*. Da wird dann der Körper bei dem Uebergange aus der Luft in das Wasser bestimmt durch *e* D + *e i*: beschreibt also die Diagonale *e k*, und weicht so von *e g* ab, das

ist,

ist, wird gebrochen, und zwar von dem Perpendicel. — Ein Fisch im Wasser bei *k* wird von der Kugel eines Feuerrohrs auch nur getroffen, wenn nach *f* gezielt wird.

** Setzt man, daß der Körper aus einem mehr widerstehenden Mittel in ein minder widerstehendes übergeht, und z. B. nach *k* strebt (Fig. 7. Taf. I.), so wird der Verticalkraft weniger Hemmung (Reaction) entgegen gestellt, als in dem vorherigen Mittel: die Verticalkraft, die z. B. vorhin = *e i* war, wird sich verstärken, = *e g* werden. Da ist dann A von *e* D und *e g* bewegt: beschreibt also die Diagonale *e f*, d. i. weicht von seiner vorigen Richtung ab — wird gebrochen, und zwar zu dem Perpendicel.

*** Man sieht auch, daß dem sphärischen Körper A nach der verticalen Richtung *e g*, im Verhältniß seiner ganzen Oberfläche = *m o n*, nach der parallelen *e* D nur im Verhältniß = *o n* Widerstand geschehe: mithin alles so, wie wir lehrten, erfolgen müsse. . . Ist der Körper nicht sphärisch, sondern irregulärer Figur, so sind auch die Irregularitäten in Anschlag und Rechnung zu bringen.

34.

Folgesätze. I. Das Brechen der Bewegung erfolgt nur im Eingange des Körpers

in

in ein neues mehr oder weniger widerstehendes Mittel; denn nur da hat die Veränderung des Verhältnisses der Vertical- und Parallel-Kraft statt (33.*): das Brechen dauert daher auch nur so lange, bis der Körper ganz in das neue Medium eingesenkt ist; der ganz eingesenkte Körper wird von unveränderten Kräften getrieben, und geht dann in gerader Linie.

II. Die Abweichung in der vorigen Richtung, welche der Abweichungswinkel *f e k* ausdrückt, muß um so grösser sein, als kleiner der Auffallswinkel ist; denn in diesem Falle währet die Veränderung des Verhältnisses der beiden Kräfte *e g*, *e* D länger.

III. Je grösser die Ungleichheit der Mittel-dinge, in welchen die Bewegung nach und nach geschieht, desto stärker ist die Abweichung des Körpers von seiner Richtung.

IV. Da im Uebergange eines Körpers aus einem Mittel in das andere der grössere oder kleinere Widerstand stetig wirket, so weicht der Körper stetig von seiner Richtung ab, oder: er beschreibet im Uebergange eine stetig krumme Linie — bis nach völliger Einsenkung des Körpers das Verhältniß der Vertical- und Parallel-Kraft gleichmässig geworden ist.

*Da

* Da die Körper nur **wirken** und **entgegenwirken**, sofern ihnen **immanente** (dynamische) Kräfte zukommen, so sind die eben aufgestellten **mechanischen Gesetze** im Grunde **dynamische** (9.*), die sich in den **Lichtbewegungen nur vollkommener** darstellen.

35.

II. Aenderungen der Bewegungsrichtung im Auffalle auf irgend einen Gegenstand. 1. Es sind folgende Fälle möglich: entweder ist der Gegenstand, auf welchen ein Körper auffällt, **weich** oder **hart**, oder **elastisch**.

2. Die auffallenden, elastischen oder unelastischen Körper sind entweder von **gleicher** oder **ungleicher Masse**.

3. Die **Richtung** des auffallenden Körpers ist entweder **senkrecht** oder **schief**.

* Die Körperqualitäten, „**hart, weich, elastisch, unelastisch**“, sind nur **Relationen** (M. Lehrbuch der Naturwissenschaft). Indeß setzet man sie hier in ihrer **Absolutheit**, und bedient sich bei Versuchen solcher Körper, die sich derselben nahen: sofern nennen wir feuchten **Thon weich, Blei unelastisch; gläserne, elfenbeinerne, stählerne Kugeln elastisch** u. s. w.

36.

Versuche. 1. Man läßt eine Kugel aus Blei oder Elfenbein auf einen feuchten Thon fallen: der Körper sinkt im Thone, und erschöpft an der Reaction desselben alle seine Bewegung; er bleibt stecken.

* Der Erfolg ist derselbe, die Masse des Körpers sei groß oder klein, und seine Richtung senkrecht oder schief.

** Auf diesem Gesetze beruht das Weichmachen der Strassen durch Aufhebung des Pflasters u. d. gl. wenn eine Stadt mit Bomben bedrohet wird.

37.

2. a. Wird dieselbe Bleikugel von verschiedenen Höhen, z. B. von der ganzen, alsdann von der halben Höhe eines Thurmes auf weichen Thon herabgelassen, so höhlet die Kugel ein um so tieferes Grübchen aus, als höher, mithin geschwinder (19.) sie fällt.

b. Stellt man einen ähnlichen Versuch im luftleeren Raume an, und läßt zwei gleich grosse Kugeln von ungleicher Masse, eine aus Blei, die andere aus hartem Holze, von derselben Höhe herabfallen, so ist ihr Fall gleich

ges

geschwind (M. Lehrbuch der Naturw. II. H.); aber die Bleikugel, nemlich die von grösserer Masse, schlägt eine tiefere Grube in den Thon, eine solche, die ihrer Masse proportional ist.

I. Die Wirkung also, welche ein fallender Körper auf einen ruhenden Gegenstand ausübet, steht in einem zusammengesetzten Verhältnisse der Masse in die Geschwindigkeit.

* Bezeichnen wir die Wirkung eines bewegten Körpers — seine Bewegungsgrösse (quantitas motus) mit Q, die Masse mit M, und die Geschwindigkeit mit C, so drückt die Formel $Q = MC$ die Bewegungsgrösse allgemein aus.

** Ueber die Formel $Q = MC^2$, welche Leibniz aufstellte, und vom Streite hierüber, der für $Q = MC$ entschied, mündlich.

38.

3. a. Fällt eine Kugel aus Blei auf eine harte Marmorplatte AB (Fig. 8. Taf. I.) in der senkrechten Richtung DA, so erlischt die Bewegung der Kugel durch die Reaction des harten Körpers, und die Kugel bleibt liegen.

b. Be=

b. Bewegt sich die Bleikugel gegen den harten Marmor AB in der schiefen Richtung DC, so geht die Kugel in der mit der Fläche parallelen Richtung CB fort.

* Die Bewegungsgrösse des senkrecht fallenden Bleis wird durch die Reaction des Marmors, welcher mit der Erde zusammenhängt, und so gleichsam einen unendlichen Widerstand (9.**) entgegensetzt, auf Null gebracht (23.2.): es ist also kein Grund da, daß im ersten Falle eine Bewegung erfolge. Die schiefe Bewegung DC ist für eine Diagonale eines Parallelograms zu halten, das entsteht, wenn mit den zwei Kräften DA und DE, welche der Diagonale DC gleich gelten, Parallellinien gezogen werden (24. IV.). Fällt nun der in der Richtung DC bewegte Körper bei C auf, so geht die Verticalkraft AD = EC durch die Reaction der Marmorplatte AB verloren, der Körper D wird nur mehr getrieben von der Kraft DE = CB, welcher er dann folgt, und ganz ihr gemäß, sich in der Richtung CB bewegt.

39.

4. a. Läßt man eine elfenbeinerne Kugel auf eine harte Steinplatte, oder auf eine Fläche von Elfenbein AB (Fig. 8. Taf. I.) herabfallen vertical, in der Richtung DA, so prallt die Kugel

gel ab, und steigt wieder senkrecht zu derselben Höhe empor, von der sie gefallen ist.

* Nemlich, die **elfenbeinerne**, mithin **elastische** (35.*) Kugel erleidet bei dem Auffall (im Streben die Steinplatte zu bewegen) im Verhältnisse seiner **Geschwindigkeit**, eine **Zusammendrückung** durch den steinernen, widerstehenden Gegenstand: der zusammengedrückte Körper dehnt sich, im Verhältnisse der Zusammendrückung, wieder aus, und, da der unterlegte harte Stein nicht weicht, erhebt er, sich ausdehnend, in der Richtung der Zusammendrückung (des Falls) zu derselben Höhe sich selber wieder empor. — Ist die Auffallsfläche elastisch, so theilt sich die **Zusammendrückung** zwischen der **Kugel** und der **Fläche**; jene hebt sich mit der **halben** Kraft, die sich dann wegen der Ausdehnung der Fläche **verdoppelt**: der Erfolg muß demnach derselbe sein.

** Die **Zusammendrückung** ist das **Phänomen der in sich kehrenden Expansivkraft**, und das Abspringen des Körpers von der harten Fläche, der Ausdruck von Flucht, der mit der **Undurchdringlichkeit**, mit der der Steinplatte **gleichnamigen** Kraft (9.*) . . In der Bewegung des **Lichtes**, das auf einen harten Körper auffällt, erscheinen dieselben Kraftäusserungen, nur **vollkommener** (34.*).

b. Fällt endlich eine elfenbeinerne Kugel schief in der Richtung DC auf eine harte oder elastische Fläche AB, so springt die Kugel von C nach G ab, so, daß der **Abprallungswinkel** (angulus reflexionis) GCB dem **Auffallswinkel** (angulus incidentiae) DCA gleich ist.

* Die schiefe Richtung DC gilt als eine **Diagonale**, für welche substituirt werden können DA und DE (24. IV.). Langt eine elfenbeinerne Kugel bei C an, so erleidet sie eine Zusammendrückung im Verhältnisse ihrer Geschwindigkeit: dieselbe dehnt sich aber in demselben Verhältnisse wieder aus, und die Kugel gewinnt ein Streben, sich in der **verticalen** Richtung zu derselben Höhe empor zu schwingen: es wirken also bei C auf die Kugel D, die sich wieder expandirende Kraft CE = DA, und die unveränderte DE = CB: die Kugel muß daher die Diagonale DCG beschreiben, die mit CB einen Winkel bildet = DCA.

** An dem **Abspringen der flachen Steine** von einer **Wasseroberfläche**, auf welche sie schnell unter einem **kleinen Winkel** geworfen werden; an dem **Abprallen der elfenbeinernen Kugeln** von dem Bande des **Billards**, an den **Reflexionsmaschinen** u. d. gl. werden obige Gesetze anschaulich dargestellt.

—Weil

— Weil wir weder vollkommen unelastische, noch vollkommen elastische, weder vollkommen weiche, noch vollkommen harte Körper besitzen (35.*): so ist es klar, daß die aufgestellten Gesetze nirgends in ihrer ganzen Schärfe statt haben können.

40.

III. Aenderung der Richtung bewegter Körper bei dem Stosse der Körper. Erklärungen: 1. Wenn ein Körper, wie immer bewegt, seine Bewegung nicht fortsetzen kann, ohne einen andern von der Stelle zu treiben: so sagt man von ihm, daß er diesen stosse; Stoß (percussio) ist daher die Bewegung eines Körpers, womit er einen andern von der Stelle zu treiben sucht.

2. Durch den Stoß wird, wie es erhellet, der Zustand nicht nur des einen Körpers, sondern auch des andern geändert: man nennet daher das Phänomen des Stosses mit den Alten *conflictus corporum*.

3. Die Körper, welche aufeinander stossen, sind entweder hart oder weich, elastisch oder unelastisch.

4. Körper, die aneinander stossen, haben entweder gleiche oder ungleiche Massen.

5. Der angestossene Körper ist entweder in Ruhe, oder auch in Bewegung, und dann bewegen sich in diesem Falle beide nach derselben, oder in entgegengesetzter Richtung.

6. Der Stoß der Körper geschieht entweder so, daß ihre Mittelpuncte in Einer Linie liegen, oder nicht, d. i. der Stoß ist entweder **central** oder **excentrisch** (Fig. 9. Taf. I.).

7. Wenn eine Kugel *a* (Fig. 9.) auf die Kugel *b* stößt in einer Richtung, welche auf die Fläche *m n*, die man sich zwischen den zwei Kugeln gedenkt, senkrecht geht: so heißt der Stoß gerade (percussio directa), in einer andern Richtung, z. B. *d a*, schief (percussio obliqua).

* Man sieht schon hieraus, daß die Lehre von dem Stosse der Körper sehr complicirt sei. Um die Untersuchung zu erleichtern, nehmen wir durchaus gleichartige Körper an, von sphärischer Gestalt, und ohne Umdrehung um ihre Axe.

** Auch hier gilt die Bemerkung, die wir oben (39.b.**) in Hinsicht der nicht ganz vollkommenen Härte, Elasticität ꝛc. der Körper machten, daß sich in der Erfahrung die Gesetze nirgends genau darstellen.

41.

41.

Gesetze des geraden und centralen Stosses. Wenn ein unelastischer Körper A auf einen andern B, welcher ruht, oder in der nemlichen Richtung langsamer vorausgeht, gerade anstößt: so werden beide Körper miteinander fortbewegt

a. in der nemlichen Richtung,

b. jeder mit der nemlichen Geschwindigkeit, und

c. beide zusammen mit der nemlichen Bewegungsgrösse, welche vor dem Stosse da gewesen.

Denn a. der Körper A wird nur durch Eine Kraft getrieben, und der Körper B von A in jener Richtung in Bewegung gesetzt, in der er selber gehet.

b. Stößt der Körper A an den ruhenden oder langsamer bewegten Körper B: so widersteht dieser jenem, bis seine Reaction durch A überwältigt, und sein Streben zur Bewegung jenem von A gleich ist (9.**), das heißt: bis die Geschwindigkeit so unter beide vertheilt worden, daß sie nach dem Stosse eine und dieselbe Geschwindigkeit haben.

c. Nach dem Stosse bewegen sich beide Körper als Theile eines bewegten Ganzen — mit der nemlichen Geschwindigkeit, in der nemlichen Richtung: was daher an Geschwindigkeit verloren geht, wird an Masse gewonnen, und so ist dann die Grösse der Bewegung (37.*) nach dem Stosse jener vor dem Stosse gleich.

* Dieses Letztere in einem Beispiele: Es stosse eine Bleikugel A, deren Masse = 4, gegen eine andere Bleikugel B, welche ruht, und ebenmässig eine Masse = 4 hat, mit einer Geschwindigkeit = 6: so ist die gemeinschaftliche Geschwindigkeit (nach b.) = 3. Die Bewegungsgrösse = der Masse in die Geschwindigkeit (37.*) vor dem Stosse, ist 4.6 = 24; und nach dem Stosse 4.4 = 8.3 = 24: mithin der vor dem Stosse gleich.

42.

1. Nennen wir die Masse des Körpers A M, seine Geschwindigkeit C: des Körpers B Masse m, und seine Geschwindigkeit c: so sind MC und mc die Bewegungsgrössen vor dem Stosse. Da aber nach dem Stosse die gemeinschaftliche Geschwindigkeit beider Massen gleich ist (vorherg.): so ist, wenn man dieselbe x heißt, die Grösse der Bewegung nach dem Stosse $M + m.x$.

2. Se=

2. Setzen wir den Fall, daß beide Körper vor dem Stosse nach einerlei Richtung bewegt werden, doch so, daß die Masse *m* langsamer vorausgeht: so ist $MC + mc = M + m \cdot x$. Sucht man also die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stosse, so ist ihr Ausdruck $x = \frac{MC + mc}{M + m}$, oder: die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stosse ist gleich der Summe der Grössen der Bewegung, dividirt durch die Summe der Massen.

* Im Falle, wo die Masse *m* vor dem Stosse ruht, ist ihre Bewegungsgrösse $= 0$: mithin ist nach dem Stosse die Bewegungsgrösse $= \frac{MC}{M + m}$.

** In Beispielen: Es bewege sich eine Bleikugel A, 5 Loth schwer, mit einer Geschwindigkeit $= 8$ auf eine andere ruhende B, ebenmässig 5 Loth schwer: die gemeinschaftliche Bewegung nach dem Stosse ist $= \frac{40}{5 + 5}$ $= 4$ (41.). — Es stosse eine bleierne Kugel A, 4 Loth schwer, mit einer Geschwindigkeit $= 6$ auf eine andere B, von einer Geschwindigkeit $= 3$ in der nemlichen Richtung: die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stosse ist

$$= \frac{6 \cdot 4 + 3 \cdot 4}{4 + 4} = \frac{36}{8} = 4\frac{1}{2}.$$

43.

Wenn endlich zwei unelastische Körper in gerader Richtung einander entgegen gehen, so sind zwei Fälle möglich:

die Bewegungsgrössen, womit sie zusammenstossen, sind entweder gleich oder ungleich;

im ersten Falle sind die Bewegungskräfte einander entgegengesetzt und gleich: mithin erfolgt Ruhe (23. 1.); im zweiten Falle sind die Bewegungskräfte einander gerade entgegengesetzt und ungleich: es bewegen sich daher nach dem Stosse beide Körper nach der Richtung des stärkern mit einer Bewegungsgrösse, welche gleich ist der Differenz der Grössen, welche sie vor dem Stosse hatten (23. 2.).

* In diesem Falle ist es demnach so viel, als wenn der schwächere Körper ruhte, und der stärkere mit der Bewegung = der Differenz auf ihn stieße: es erfolgt auch wirklich alles so, wie wir N. 41. gezeigt haben. Woraus erhellet, daß man in diesem Falle die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stosse findet, wenn man die Differenz der Bewegungsgrösse vor dem Stosse = $MC - mc$ durch die Summe der Massen = $M + m$ dividiret; mithin setzet

$$x = \frac{MC - mc}{M + m}.$$

** Im

** Im Besondern. Es stossen zwei Bleikugeln A und B gerade und central zusammen; die Masse von A sei = 6, ihre Geschwindigkeit = 3; die Masse von B sei 3, ihre Geschwindigkeit 6: die Bewegungsgröße eines jeden vor dem Stoße ist = 6 . 3 = 18: nach dem Stoße = $\frac{18 - 18}{9}$ = 0. — Es stossen nun andere Bleikugeln zusammen gerade und central: die Masse der einen sei 4, und ihre Geschwindigkeit 9; die Masse der andern 3, und ihre Geschwindigkeit 5: die gemeinschaftliche Bewegung nach dem Stoße ist = $\frac{36 - 15}{4 + 3} = \frac{21}{7} = 3$.

44.

Sind zwei Körper A und B, welche aufeinander stossen, elastisch: so werden sie durch den Anstoß zusammengedrückt, auf welche Zusammendrückung wieder eine Ausdehnung folget. Bei dem Anstoße elastischer Körper sind demnach zwei Momente zu betrachten: im ersten, in dem der Zusammendrückung, rührt alle Wirkung lediglich nur vom Stoße her, und sofern verhält sich alles so, wie bei den unelastischen Körpern (41. 42.): im zweiten Momente dehnen sich die zusammen-

mengedrückten Theile wieder aus (springen zurück), und da vereinigt sich mit der Kraft des Stosses noch die der Elasticität. Es muß daher die Geschwindigkeit des gestossenen Körpers doppelt so groß sein, als sie bei dem Stosse der unelastischen sein würde. Während daß aber die zusammengedrückten Theile des Körpers *m* zurückspringen, wirken sie in einer entgegengesetzten Richtung auf den Körper M: es erleidet daher dieser auch im zweiten Momente eine Verminderung seiner Bewegung — verliert von Neuem eben so viel an Geschwindigkeit, als er durch den Stoß schon verloren hat. Daraus ergibt sich die Bestimmung der Gesetze für folgende Fälle:

1. wenn ein Körper vor dem Anstosse ruht,
2. wenn sich beide nach einerlei Richtung bewegen,
3. wenn ste sich gerade und central entgegen kommen.

45.

I. Ruht eine elfenbeinerne Kugel B vor dem Anstosse einer elfenbeinernen Kugel A, so erhält sie durch den Stoß, wodurch ihre Theile zusammengedrückt werden, die bestimmte gemeins

meinschaftliche Bewegung, und durch die Wiederausdehnung (durch das Zurückspringen) dieser Theile, erhält sie eine nochmal so grosse Geschwindigkeit in eben derselben Richtung (vorherg.):

Nach dem Stosse also bewegt sich ein elastischer Körper, der vorhin ruhte, in der Richtung des stossenden, mit einer Geschwindigkeit, welche zweimal so groß, als diejenige ist, mit welcher er sich bewegen würde, wenn beide Körper unelastisch wären.

46.

Die besondern Fälle sind: 1. Wenn die Massen der Körper A und B gleich sind. Es seien die Massen A und B $= 4$; die Geschwindigkeit von A vor dem Stosse sei $= 8$: die gemeinschaftliche Geschwindigkeit durch den Stoß ist nach der Formel $\frac{CM}{M+m} = \frac{32}{8} = 4$: die Geschwindigkeit des Körpers B also nach dem Stosse $4.2 = 8$. Der Körper A verliert durch den Stoß $8 - 4 = 4$, durch das Wirken der Elasticität abermal 4: also 8; und seine Bewegung ist $8 - 8 = 0$. Allgemein:

Wenn

Wenn die Massen vollkommen elastischer Körper gleich sind, und einer vor dem Anstosse ruht, so theilt der stossende dem ruhenden seine ganze Geschwindigkeit mit, er selbst aber ruht.

2. Wenn die Masse des stossenden Körpers A grösser, als die des ruhenden B, z. B. wie 12 : 4, und seine Geschwindigkeit vor dem Stosse = 8 ist: so ist die gemeinschaftliche Geschwindigkeit am Ende der Zusammendrückung = $\frac{12 \cdot 8}{12 + 4} = \frac{96}{16} = 6$: folglich die Geschwindigkeit des Körpers B nach dem Stosse = 6 . 2 = 12: der Körper A verliert durch den Anstoß 8 — 6 = 2; eben so viel durch die Wirkung der Elasticität, folglich = 4, mit welcher Geschwindigkeit A nach dem Anstosse in seiner vorigen Richtung dem Körper B nachgeht. Allgemein:

Wenn der stossende Körper A eine grössere Masse hat, als der ruhende B, so erhält der gestossene eine grössere Geschwindigkeit durch den Stoß, als der stossende vorhin hatte, und der stossende geht mit verminderter Geschwindigkeit in seiner vorigen Richtung nach.

3. End-

3. Endlich, wenn die Masse des stossenden Körpers A kleiner, als die Masse des gestossenen B, z. B. wie 4 : 12, und die Geschwindigkeit von A = 8 ist: so ist die gemeinschaftliche Geschwindigkeit am Ende der Zusammendrückung $= \frac{4 \cdot 8}{4 + 12} = \frac{32}{16} = \frac{16}{8} = 2$: die Geschwindigkeit von B also 2 . 2 = 4. Der Körper A verliert durch die Zusammendrückung (durch den Stoß) die Geschwindigkeit = 2, und durch die Wirkung der Elasticität eben soviel: also = 4, mit welcher Geschwindigkeit A nach dem Stosse zurückspringt. Im Allgemeinen:

Wenn der stossende Körper eine kleinere Masse hat, als der gestossene, so bekommt dieser durch den Anstoß eine kleinere Geschwindigkeit, als jener vor dem Anstosse hatte; der anstossende springt aber mit einer kleinern Geschwindigkeit, als er vor dem Anstosse hatte, zurück.

* Setzen wir die Masse von B im Verhältniß zu A sehr groß (gleichsam unendlich, 38. b.*), so ist es klar, daß die Bewegung von B unmerklich sein müsse, während daß der Körper A von B mit eben so grosser Geschwindigkeit zurückspringt, als er angelaufen ist.

47.

II. Bewegt sich B vor dem Anstosse in derselben Richtung, in welcher A anstößt, doch so, daß B langsamer einhergeht, als A: so wird durch den Stoß die Geschwindigkeit von B vermehrt: beide erhalten am Ende der Zusammendrückung eine gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach der Formel $\frac{MC + mc}{M + m}$ (42. 2.); B gewinnt eine Vermehrung (nach 44.), und man findet die Geschwindigkeit von B, wenn man der gemeinschaftlichen Geschwindigkeit $\left(\frac{MC + mc}{M + m}\right)$ den Ueberschuß dieser gemeinschaftlichen Geschwindigkeit über diejenige, welche B vor dem Stosse hat, hinzusetzet: woraus dann auch die Geschwindigkeit von A resultirt.

* Nemlich der Körper B reagirt nicht, wie ein ruhender Körper, mit seiner ganzen Masse, sondern nur mit der Differenz, welche übrig bleibt, wenn die kleinere Geschwindigkeit von der grössern des Körpers B abgezogen wird.

48.

Bestimmung der besondern Fälle. 1. Wenn die Masse des Körpers A gleich der Masse von B, die Geschwindigkeit aber von A = 4, und die

von B = 2 ist: so ergibt sich durch den Stoß eine gemeinschaftliche Geschwindigkeit $= \frac{4+2}{1+1}$ = 3. Nach dem Stosse ist daher die Geschwindigkeit des Körpers B = 3 + 3 − 2 = 4. — Der Körper A verliert durch seinen Anstoß 4 − 3 = 1: wird nun diese Geschwindigkeit von der vorhin gefundenen gemeinschaftlichen = 3 abgezogen: so bleibt eine Geschwindigkeit = 2, womit sich A nach dem Stosse, in seiner vorigen Richtung fortbewegt. **Allgemein:**

Wenn die Massen der vollkommen elastischen Körper A und B gleich sind, und beide sich vor dem Stosse in einerlei Richtung bewegen: so setzen sie ihre Bewegung nach dem Stosse in derselben Richtung mit verwechselter Geschwindigkeit fort.

2. Ist die Masse des Körpers A grösser, als die des Körpers B, z. B. wie 3 : 1, und hat B vor dem Stosse eine Geschwindigkeit = 10, B eine = 2: so ist die gemeinschaftliche Geschwindigkeit durch den Stoß $= \frac{30+2}{4} = 8$. Nach dem Stosse ist die Geschwindigkeit von B = 8 + 8 − 2 = 14. — Der Körper A verliert durch

durch den Stoß eine Geschwindigkeit = 10 — 8 = 2; zieht man diese von der gemeinschaftlichen = 8 ab: so bleibt für A eine Geschwindigkeit = 6, mit welcher A nach dem Stosse in seiner Richtung dem Körper B = 14 nachgeht.

3. Wenn der stossende Körper A von kleinerer Masse als B, z. B. wie 1:3; die Geschwindigkeit von A = 8, die von B = 4 ist: so ist die gemeinschaftliche Geschwindigkeit durch den Stoß = 5. Nach dem Stosse erhält daher der Körper B eine Geschwindigkeit = 5 + 5 — 4 = 6. — Der Körper A verliert durch den Stoß eine Geschwindigkeit = 8 — 5 = 3, diese von 5 abgezogen, läßt übrig 2, womit der Körper A sich in der vorigen Richtung dem Körper B = 5 nachbewegt.

49.

III. Bewegen sich endlich die elastischen Körper A und B vor dem Anstosse gegeneinander: so findet man die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Anstosse, wenn man die nach der Formel $\frac{MC + mc}{M + m}$ gefundene gemeinschaftliche Geschwindigkeit zweimal nimmt, und dann die Geschwindigkeit hinzusetzt, welche B vor dem Anstosse hatte.

* Sobald nemlich B zur Berührung von A kommt, so wird ihm seine Geschwindigkeit durch A entzogen; hingegen die Hälfte vom Uebermaß der Bewegung A mitgetheilt (47.). Da diesemnach die Kraft, welche B die Geschwindigkeit entzieht, ihm eine eben so grosse nach entgegengesetzter Richtung beibringen würde, wenn er ruhte: so empfängt B durch den Stoß eine Zusammendrückung, und durch diese einen solchen Schwung nach entgegengesetzter Richtung, welcher der gemeinschaftlichen Bewegung nach dem Stosse elastischer Körper (45.), und der vorhergehabten gleich ist. . . Dieses alles wird anschaulich in nachstehenden besondern Fällen.

50.

1. Wenn die Massen A und B gleich sind, und vor dem Anstosse die Geschwindigkeit von A = 10; die Geschwindigkeit von B = 6: so ist die gemeinschaftliche Geschwindigkeit durch den Stoß $= \frac{10-6}{1+1} = \frac{4}{2} = 2$: folglich bewegt sich B nach dem Stosse in einer Richtung, die ihrer vorigen entgegengesetzt, mit der Geschwindigkeit $2 . 2 + 6 = 10$. — Der Körper A verliert durch den Stoß die Geschwindigkeit = 2: es bleibt ihm also eine Geschwindigkeit = 8 —

der

der gemeinschaftlichen Geschwindigkeit 2: also = 6, mit welcher Geschwindigkeit A nach dem Stosse zurückspringt.

* **Allgemein: Wenn zwei vollkommen elastische Körper von gleichen Massen einander entgegen gehen: so prallen sie nach dem Stosse mit verwechselter Geschwindigkeit von einander ab.**

2. Wenn die Masse A grösser als die Masse B, z. B. wie 3 : 1 ist, und beider Körper Geschwindigkeit vor dem Anstosse = 8: so ist die gemeinschaftliche Geschwindigkeit am Ende der Zusammendrückung = 4: folglich bewegt sich B nach dem Stosse in einer der vorigen entgegengesetzten Richtung mit der Geschwindigkeit $4 \cdot 2 + 8 = 16$. — Der Körper A verliert durch den Stoß $8 - 4$; zieht man nun diese seine Geschwindigkeit von der gemeinschaftlichen = 4 ab, so bleibt 0; das ist: A ruht nach dem Stosse.

3. Wenn endlich die Masse A kleiner ist, als die Masse B, z. B. wie 1 : 3, und A vor dem Anstosse eine Geschwindigkeit = 12, B eine von 4 hat: so ist die gemeinschaftliche Geschwindigkeit = 0. Nach dem Stosse bewegt sich also B in entgegengesetzter Richtung mit einer Geschwin-

digkeit = 0 . 2 + 4 = 6. — Der Körper A verliert durch den Stoß die Geschwindigkeit = 12, mithin, da diese die gemeinschaftliche = 0, 12mal übertrifft, springt A nach dem Stosse mit der Geschwindigkeit = 12 zurück.

* Allgemein: Wenn die Geschwindigkeiten zweier vollkommen elastischer Körper sich verkehrt, wie ihre Massen verhalten: so springt nach dem Anstosse ein jeder mit der Geschwindigkeit zurück, die er vor dem Anstosse hatte.

** Mittelst der Percussionsmaschine (nach Mariotte), woran die Geschwindigkeiten durch die Fallhöhe bestimmt werden, sind die aufgestellten Gesetze zu erläutern.

51.

Gesetze des schiefen Stosses. Es seien zwei Kugeln von gleicher Masse *a* und *b* (Fig. 9. Taf. I.); *a* stosse auf die ruhende *b* in der Richtung *da* mit einer Kraft = *da*. Die Mittelpuncte der Kugeln liegen in der Linie *ce*, und auf diese ziehe man vertical die Linie *dc*. Für *da* können subst ituirt werden *dc* und *ca* (23. 3.); der Theil *dc* wirkt demnach nicht auf *a*, und trägt zum Stosse nichts bei: blos *ca* ist wirksam auf

die Kugel *a*, und zwar central. Die Kugel *b* wird also nach dem Stosse bewegt in der Richtung *be*, mit einer Kraft = *ca*. — Die Kugel *a* wird die Geschwindigkeit, welche ihr nach dem Stosse zukäme, wenn sie blos mit der Kraft *ca* auf *b* central gewirkt hätte, mit *dc*, die keine Reaction hat, vereinen, und mit diesen beiden Kräften sich nach den Gesetzen der zusammengesetzten Bewegung (22.) bewegen.

* Setzt man die Kugeln *a* und *b* elastisch, so verliert *a* durch den Stoß seine ganze Geschwindigkeit = *ca*; sie wird *b* mitgetheilt (45.). Die Kugel *b* geht demnach nach dem Stosse in der Richtung *be* = *ca*; die Kugel *a* aber in der Richtung *ag* mit der Kraft = *dc*, welche in ihrer Richtung nicht gestört ist.

52.

IV. Abweichung bewegter Körper von der vorigen Richtung, verursacht durch den Zug gegen ein Centrum.

Hieher rechne ich die Schwungbewegung eines Pendels, die Bewegung der Körper um einen Schwerpunct, und die Bewegung geworfener Körper.

53.

Gesetze der Pendelbewegung. Erklärungen. 1. Hängt man an einem festen Puncte, mittelst eines Fadens oder einer Stange, einen Körper so auf, daß er sich um den festen Punct als um sein Centrum frei bewege: so heißt der Faden, die Stange, samt dem Körper ein **Pendel** (pendulum) — ein **physisches**, (zusammengesetztes) Pendel, zum Unterschiede des **mathematischen** (einfachen), das gedacht wird als eine Linie.

2. Man stellt sich das Gewicht des Körpers, und das der Stange in einem Puncte versammelt vor, und heißt diesen Punct den **Oscillationspunct** (centrum oscillationis).

3. Der Punct, an dem die Stange mit dem Körper aufgehängt ist, wird **Aufhängspunct** (punctum suspensionis) genennt.

4. Wird das Pendel AC (Fig. 10. Taf. I.) aus seiner senkrechten Lage gebracht, bis E aufgehoben, und dann sich überlassen: so fällt es bis C, und steigt auf der andern Seite zur gleichen Höhe bis D. Von da fällt das Pendel wieder bis C, und steigt abermal bis E: dieses Hin- und Her-Schwanken heißt **Schwungbewegung** (motus penduli).

54.

Lehrsätze. 1. Ein Pendel, das um einen Punct A schwinget, beschreibt eine stetig krumme, circelförmige Linie (einen Circelbogen). **Beweis.** Der bis zu E erhobene Körper wird von zweien Kräften unter dem Winkel A E *m* bewegt, wird nemlich gegen A vom Aufhängspuncte angezogen, und durch sein Gewicht abwärts in der Richtung E *m* getrieben: der Körper nimmt daher seinen Weg nach der Diagonale (23. 3.): da aber die beiden Kräfte ihr Verhältniß zueinander alle Augenblicke ändern, so muß sich auch die Richtung der Bewegung nach der Diagonale alle Augenblicke ändern, folglich die Linie E C, welche das Pendel beschreibt, eine stetig krumme Linie sein. — Alle Puncte dieser stetig krummen Linie E C sind aber vom Aufhängspuncte A, als dem Centrum der krummen Linie E C, immer gleichweit entfernt (denn E an A aufgehängt, kann sich von A nicht entfernen, und seiner Schwere wegen sich A nicht nahen): und da ist dann die krumme Linie E C, welche ein Pendel beschreibt, eine circelförmige Linie — ein Circelbogen.

55.

2. Ein Pendel fällt in einer circelförmigen Linie mit gleichförmig beschleunigter Bewegung. Beweis. Ein Bogen EC, welchen ein Pendel beschreibt, und ein Circelbogen ist, muß angesehen werden als eine Reihe von schiefen, unter unendlich kleinen Winkeln miteinander vereinigten Ebenen. Nun ist aber der Fall der Körper über schiefe Ebenen gleichförmig beschleunigt (28.): es fällt daher auch das Pendel mit gleichförmig beschleunigter Bewegung.

56.

3. Vergleicht man die Bewegung zweier Pendel AE und A*d*, so sind die Zeiten des Falls durch ähnliche Bögen, wie die Wurzeln dieser Bögen. Beweis. Die Bögen stellen die Räume dar, welche mit gleichförmig beschleunigter Bewegung durchlaufen werden (vorherg.). Nun verhalten sich aber die Räume als wie die Quadrate der Zeiten (20): also die Zeiten wie die Wurzeln der Räume — der Bögen.

Folgesätze. I. Wenn zwei Pendel AE und A*d* durch ähnliche Bögen EC und *dc* schwingen, so sind die Zeiten der Schwingungen, wie

die

die Wurzeln der Längen oder der Radien, wodurch die Bögen beschrieben werden. Nennen wir daher die Zeit des einen Pendels T, des andern t; die Länge des einen L, und die Länge des andern l: so drückt die algebraische Formel $T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l}$, ein Gesetz der Pendelbewegung aus.

II. Da bei der beschleunigten Bewegung der Raum $= VT^2$ ist (20. IV.); hier aber die Räume wie die Bögen sind, und die Bögen sich wie die Radien oder Pendellängen verhalten: so ist $VT^2 = L$: mithin $T^2 = \frac{L}{V}$.

III. In Vergleichung also zweier verschiedenen Pendel ist $T^2 : t^2 = \frac{L}{V} : \frac{l}{v} = Lv : lV$. Ist demnach $T^2 = t^2$: so ist auch $Lv = lV$; und $V : v = L : l$.

IV. Endlich, weil $T^2 : t^2 = \frac{L}{V} : \frac{l}{v}$: so ist

$$T : t = \sqrt{\frac{L}{V}} : \sqrt{\frac{v}{l}}.$$

* Setzen wir in Hinsicht auf V (Schwere) und L (Länge) durchaus gleiche Pendel: sie werden, wie es klar ist, gleichzeitig schwingen. Sollte nun eines dieser Pendel in eine entfernte Weltgegend, oder auf betrachts

trächtliche Anhöhen gebracht unter denselben Umständen, bei unveränderter Länge, in Vergleich mit dem andern, ungleiche Schwingungen machen, so ist der Schluß richtig: seine Schwere sei geändert. Richer hat wirklich (1672) in Cayenne bemerkt, daß dasselbe Pendel an jedem Tage $\frac{1}{4}$ Minute langsamer sich bewege, als zu Paris. Maupertuis fand später, daß sein Pendel zu Pelli in Lappland (6 Gr. 44 Min. nördl. Breite) binnen eines Sterntages 58 mal öfter, als zu Paris schwinge. — Champell beobachtete hingegen, daß dasselbe Instrument, welches Graham verfertigte, in Jamaika in gleicher Zeit $126\frac{1}{2}$ Schwingungen weniger mache, als in London: woraus nach der Formel $T = \sqrt{\frac{L}{V}}$ erhellet, daß in den nördlichen Weltgegenden die Schwere gröſſer sei, als in denen des Aequators. — Hiemit stimmen überein die Beobachtungen von Condamine, Bouguer u. a. (M. Lehrbuch der Naturwissenschaft. II. Heft.).

57.

4. Die Anzahl der Schwingungen, welche Pendel von ungleicher Länge zur nemlichen Zeit machen, stehen im verkehrten Verhältnisse der Wurzeln der Länge,

oder:

oder: $N : n = \sqrt{l} : \sqrt{L}$. Beweis. Die Anzahl der Schwingungen in einer gegebenen Zeit ist natürlich um so kleiner, als gröſſer die Zeit ist, in der die einzelnen Schwingungen erfolgen, oder: $N : n = t : T$. Nun ist aber $T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l}$ (3. I.): also ist auch $N : n = \sqrt{l} : \sqrt{L}$.

* Die Schwingungen in einer Cycloide sind, obgleich von ungleicher Gröſſe, gleichzeitig: kleine Schwingungen (von 2 bis 3 Graden) kommen mit den Bögen der Cycloide überein: kleine Schwingungen der Pendel sind daher als gleichzeitig (oscillationes isochronae) anzusehen: *de Chales* fand auch bei seinen Beobachtungen, daß die Pendel durch Bögen von 2 — 3 Graden nicht anders als gleichzeitig schwingen.

58.

Der Nutzen der Pendel ist mannigfaltig. Ausserdem, daß man mittelst der Pendel, nach $T : t = \sqrt{\frac{L}{V}} : \sqrt{\frac{l}{v}}$, erfahren hat, die Schwere sei gröſſer auf hohen Gebirgen als in Ebenen, gröſſer den Polen als dem Aequator zu, bestimmt man auch durch Pendel den Raum, den ein freifallender Körper z. B. in

ei=

einer Secunde durchläuft (56.). — Hauptsächlich dient das Pendel als Maß der Zeit: zu diesem Ende gibt man dem Pendel eine solche Länge, daß es in einer Secunde gerade Eine Schwingung machet (nach Huygens 440½ Lin., oder 3 Fuß 8½ Lin.). Schon Galilei, Riccioli und Grimaldi wandten den Secundenpendel bei ihren Versuchen über den Fall der Körper zu diesem Zwecke an. Weil aber das Pendel bald in die Ruhe kommt, und das Zählen der Schwingungen schwer läßt, so brachte Huygens das Pendel an einer Uhr an: das Gewicht oder die Feder der Uhr erhält die Bewegung des Pendels, und die gleichzeitigen Schwingungen des Pendels bestimmen hinwieder den gleichförmigen Gang der Uhr. Allein, im Anfange konnte nicht verhütet werden, daß die Schwingungen bald grösser bald kleiner, mithin ungleichzeitig ausfielen. Huygens hieng deßwegen, um diesen Ungleichheiten abzuhelfen, ein Pendel an einen Faden zwischen zwei Blechen von der Form einer Cycloide; allein die Schwierigkeit, den Blechen die Cycloidalform zu geben, und die Steifheit des durch das Gewicht des Pendels gespannten Fadens, hinderten die gehofften Vortheile. Man bemerkte, daß das Pendel nicht

nur Hemmung leide am Aufhängspuncte, und in seinem Hin- und Hergange durch die Luft, sondern daß schon die Veränderung der Dichtigkeit der Luft die Schwingungen alterire, und daß die Wärme die Pendelstange verlängere, die Kälte abkürze, so den Mittelpunct der Schwingung verrücke, und dadurch die Schwingungszeit ungleich mache. Graham glaubte solchen Hindernissen durch Pendelstangen aus Ebenholz oder Nußbaum begegnen zu können; allein das Holz verquillte durch den Wechsel der Feuchtigkeit und Trockenheit; und da kehrte er wieder zum Gebrauche der Metallstangen zurück, mit der Vorsicht, daß er ein Queckſilber-Thermometer mit ihr in Verbindung brachte, damit der Mittelpunct der Schwere durch das Steigen des Queckſilbers um so viel höher gehoben werde, als er durch Verlängerung der Stange sinket. Aber auch hier zeigten sich Schwierigkeiten, denen er endlich dadurch auszuweichen suchte, daß er mehrere Stangen aus verschiedenen Metallen so verband, daß während die oben befestigten herab, sich die übrigen, unten befestigten, aufwärts ausdehnen. Die Länge der Stäbe, z. B. zweier aus Messing und eines aus Eisen, die Rostform vorstellen, und daher

rostförmige Compensationsstangen genennt werden, ist in ein solches Verhältniß gestellt, daß die Ausdehnung der Stangen aus Messing den Mittelpunct der Schwere gerade um so viel hebe, als ihn die von Eisen (das sich bei derselben Temperatur stärker als Messing ausdehnt) erniedrigt. Ueberdem brachte Romain unterhalb an das Rostpendel (Compensationspendel) noch einen Mechanismus an, daß das Gewicht der Linse immer um so viel gehoben werde, als der Mittelpunct der Oscillation durch Ausdehnung der Stange sich senkt.

* Alles dieses ist Anfängern an den **Pendel-Uhren** zu monstriren. — An gewöhnlichen Uhren (Stock-Häng-Uhren) ist die Linse **verschiebbar**, um die Länge des Pendels (in Beziehung auf den Mittelpunct der Schwingung) im Winter länger, im Sommer kürzer zu machen. —

** Eigentlich soll sich das Pendel an einer vollkommenen Uhr (Zeit-Uhr) nach dem Gesetze der Trägheit stets **gleichförmig**, von selbst bewegen (§. IV.): es ist daher nur dann der Bau einer Uhr richtig, wenn das Gewicht verhältnißmäßig klein (daß es den Pendel nicht stosse), und die Linse groß (20 — 30 — 50 Pfund schwer) ist: das Gewicht soll nur Ersatz

satz leisten für das, was der Affrict am Räderwerke, und am Aufhängspuncte des Pendels, und der Widerstand der Luft wegnimmt: der Fall der schweren Linse, die stets gleiche Länge des Pendels, und seine kleinen Oscillationen, haben die Gleichzeitigkeit der Schwingungen zu bewirken. —

59.

Gesetze der gegen ein Centrum bewegten Körper. Erklärungen. So wie unsere Erde, ungeachtet ihrer Individualität, immer ein Theil eines höhern Ganzen, ein Theil des Planetensystems ist, und sofern gegen die Sonne als ihren Mittelpunct gravitirt: so ist auch das Planetensystem bei aller seiner Besonderheit doch immer nur ein Theil eines höhern Ganzen, gegen das es mit allen Planeten schwer ist (M. Lehrbuch der Naturwissenschaft. II. Heft): die Planeten gravitiren daher nicht nur gegen die Sonne, sondern auch gegen ein höheres, ausserhalb dem Planetensystem liegendes Centrum. Bewegt sich nun z. B. die Erde B (Fig. 11. Taf. I.) um die Sonne A, so wirken zwei Kräfte in verschiedenen Richtungen in ihr: eine Kraft *cg*, wodurch die Erde gegen die Sonne gravitirt, und eine andere *cd*, wodurch sie auf das aus-

wärts

wärts liegende Centrum schwer ist, und dadurch durch die Tangente *cd* zu entfliehen strebt.

Die Kraft, womit die Erde gegen ihr unmittelbares Centrum A durch die Schwerkraft getrieben wird, nennt man Centripetalkraft (vis centripeta); die Kraft, womit die Erde nach Aussen strebt, und durch die Tangente der Sonne zu entfliehen sucht, Tangentialkraft (vis tangentialis).

Beide Kräfte zusammen werden Centralkräfte (vires centrales) genennt.

Die gerade Linie A*c*, die man sich aus dem Mittelpuncte der Erde bis zum Mittelpuncte der Sonne gezogen denkt, heißt die Bewegungslinie (radius vector).

Stellt man sich während der Bewegung der Erde um die Sonne, jene mit dieser durch die Bewegungslinie stets verbunden vor, so beschreibt die Bewegungslinie in bestimmten Zeiten bestimmte Räume, z.B. den $= cAf$, den $= fAm$ u. s. w. Solche von der Bewegungslinie beschriebenen Räume werden die Sectoren genennt.

* Nemlich, auch die Bewegung der Himmelskörper verkündet laut und hehr das dynamische Gesetz:

Al-

Alles, alles in der Natur strebt sich in Eine Synthese zu verbinden — sich in Einem Mittelpuncte zu vereinen — oder: die Schwere der Himmelskörper ist kräftigster Ausdruck des Verlangens aller Endlichkeiten zurückzukehren in das Unendliche, aus dem sie entsprungen sind.

60.

Lehrsätze. 1. Wirken die Schwer- und die Tangential-Kraft in einem Körper, so wird er gegen den Mittelpunct in einer stetig krummen Linie bewegt, und kreiset um sein Centrum. Beweis. Der Körper, hier die Erde (Fig. 11. Taf. I.), wird durch die Kraft *cg* unaufhörlich gegen den Mittelpunct A gezogen; aber zugleich unaufhörlich durch die Kraft *cd* nach der Tangente getrieben. Der Körper B muß sich also durch die Mittellinie *cf* bewegen (23. 3.). Ist diese Diagonale durchlaufen, so strebt der Körper B seinen Weg in der nemlichen Richtung fortzusetzen, und durch die Tangente, dem Centrum A zu entfliehen; allein es wird von der Centriptalkraft aufs Neue ergriffen, und beschreibt eine zweite Diagonale *fm*. Da nun die Zusammenwirkung der beiden Centralkräfte alle

Aus-

Augenblicke statt hat, und sich alle Augenblicke wiederholt: so muß der Körper B (die Erde) immerfort seine Bahn ändern, — eine stetig krumme Linie um sein Centrum A (die Sonne) beschreiben — um dasselbe kreisen.

* Nach Verschiedenheit der Grösse der Centralkräfte und ihrer Verhältnisse zueinander muß auch die stetig krumme Linie, durch welche sie den Körper treiben, verschieden sein; und: da jene Verschiedenheit in's Unendliche gehen kann, so ist auch die Möglichkeit einer unendlichen Verschiedenheit von Kreislinien begreiflich.

61.

2. Die Sectoren sind in der Bewegung, z. B. der Planeten um ihr Centrum, allemal den Zeiten proportional; und

3. Werden mehrere Planeten, die sich um ihr Centrum, um die Sonne, bewegen, miteinander verglichen: so verhalten sich die Quadrate der Umlaufszeiten, wie die Cubi ihrer Entfernungen.

4. Endlich, sind die Umlaufszeiten und die Entfernungen vom Mittelpuncte gleich: so sind die Centrifugalkräfte den Massen proportional.

Der

* Der Beweis dieser Lehrsätze gehört der höhern Mechanik an. — Zur Erläuterung derselben dienen einigermassen die Centralmaschinen (von Nairne, Blunt u. a.). — Die Wahrheit des letztern Satzes macht sich anschaulich im Gebrauche des Kornsiebes, der Schleuder, des Schwungrades u. a. m.

62.

Gesetze der Wurfbewegung. Erklärungen. Ein Körper wird geworfen, sagt man, wenn er durch eine äussere Gewalt, in freier Luft fortgetrieben wird.

Die Gewalt, womit ein Körper fortgetrieben wird, heißt der **Wurf** (jactus), und der Raum, den ein geworfener Körper zurücklegt, die **Weite des Wurfs.**

Die Kräfte, welche sich als die fortstossende Gewalt äussern, wirken entweder durch Menschenhände, durch Druck des Wassers, durch Ausspannung der Luft, durch Schießpulver u. s. w.

Die Richtung geworfener Körper ist entweder mit dem Horizon **parallel**, oder auf ihn **vertical**, oder schief.

Ein Körper A (Fig. 12. Taf. I.), den man z. B. horizontal nach E forttreibet, wird immer von zweien Kräften bewegt, von der des Wurfes nach AE, und von der der Schwere nach AP (dem Mittelpuncte der Erde), und sofern ist die Wurfbewegung der Bewegung eines Körpers um ein Centrum ähnlich.

63.

Lehrsatz. Ein horizontal geworfener Körper A (Fig. 12. Taf. I.) beschreibt keine gerade, sondern eine krumme Linie, und zwar eine Parabel. **Beweis.** Der Körper wird durch den Wurf so bewegt, daß er in gleichen Zeiten gleiche Räume AB, BC, CD, DE zurücklegt (8. IV.); durch die Schwerkraft aber wird er so getrieben, daß sich die Räume AG, AH, AI, AP, wie die Quadrate der Zeiten, verhalten (20. I.): der Körper A wird daher im ersten Zeittheilchen bei *m*, im zweiten bei *n*, im dritten bei *o*, im vierten bei Q sich befinden (23. 3.): d. i. wird eine krumme Linie beschreiben.

Zieht man zu den Abscissen AG, AH, AI, AP, die ihnen angehörigen Ordinaten G*m*, H*n*, I*o* ꝛc.: so verhalten sich die Abscissen als wie die Qua-

drate der Ordinaten (20.); aber eben dieses Verhältniß charakterisirt eine Parabel, und da erhellet, die Bewegung eines horizontal geworfenen Körpers beschreibe eine Parabel.

* Dieser Lehrsatz erhält seine Bestätigung durch ein Experiment mit der **paraboli**schen **Maschine.**

** Die Lehre von den Bahnen, welche geworfene Körper in der Luft nehmen, macht unter dem Namen der **Ballistik** einen Theil der höhern Mechanik aus; dieselbe gibt die Theorie des **Bombenwerfens**, der **Gewalt des Pulvers**, des **Widerstandes der Luft**, der den **Kugeln** entgegen steht, u. d. gl.

64.

In der allgemeinen Bewegungslehre wurde bei Aufstellung der Bewegungsgesetze bisher immer von allen Hindernissen und Hemmungen der Bewegung abgesehen. Allein in der Erfahrung verhält sich alles anders, als in der Theorie. Unsere Körper bewegen sich entweder in der Luft, oder in einer andern flüssigen Umgebung, oder kommen in ihrer Bewegung mit den Oberflächen anderer Körper in Berührung. Im ersten Falle hat der bewegte Körper

das

das Flüssige, das ihm im Wege liegt, zu verschieben — von der Stelle zu treiben; im zweiten Falle kommen die Qualitäten der Körper in Anschlag. Unter andern sind die Körperflächen immer rauh. Durch die Bewegung eines Körpers über einen andern greifen die Erhabenheiten und Vertiefungen ineinander, die dann wieder auseinander gezogen, oder wie immer bewegt werden müssen. Der bewegte Körper erleidet daher in beiden Fällen durch die Reaction der andern Körper oder ihrer Theile einen **Verlust seiner Kräfte**; es geschieht seiner Bewegung **Abbruch** (23.): einen solchen **Kräften-Verlust** nennen wir das **Hinderniß der Bewegung** (impedimentum motus), und unterscheiden es zweifach,

in das durch den **Widerstand des Mediums** (resistentia medii),

und in das durch die **Reibung** (resistentia adfrictus).

* Sind in der Natur die Bewegungen Aeusserungen der **dynamischen Kräfte** (9. **), und besteht die Thätigkeit der dynamischen Kräfte im **Streben nach Vereinigung** (9.**): so sind **alle Bewegungen** in der Natur so viele Andeutungen von dem Bestre-

streben der Naturdinge, sich in All-Einheit zu setzen, d.i. in das Unendliche zurückzustreben (59.*).

Finden sich nun, wie wir erfahren, Hindernisse der Bewegung, so ersehen wir, daß auch in der Natur den Strebungen der Endlichen nach dem Unendlichen Widerstand entgegengesetzt sei, der bekämpft und überwältigt werden muß. —

65.

Newton, Gravesande u. a. suchten sehr scharfsinnig die Gesetze des der Bewegung widerstehenden Mediums auf; Muschenbröck, Amontons, Coulomb u. a. arbeiteten sorgfältig an Bestimmung der Gesetze des Hindernisses, welches die Reibung verursachet; jene mit mehr Erfolg als diese.

66.

Hinderniß der Bewegung durch den Widerstand des Mediums. Versuche. 1. Ein Pendel schwingt im luftleeren Raume viel länger als im luftvollen Raume, in diesem länger als im Wasser, in diesem viel länger als im Queckſilber.

2. Je mehr Oberfläche ein bewegter Körper hat, desto grösser ist der Widerstand des Mediums. Läßt man zwei Kugeln, deren Oberflächen sich zueinander verhalten wie 1 : 2, schwingen, so kommt die Kugel von doppelter Oberfläche noch so geschwind zur Ruhe.

* Nach Newton ist das Verhältniß wie $1^2 : 2^2$.

I. Die bewegten Körper erleiden daher in einem flüssigen Medium ein Hinderniß ihrer Bewegung, und zwar ein so viel grösseres, als dichter das Medium, und grösser die Oberfläche des bewegten Körpers (je mehr Masse durch diesen zu bewegen) ist.

* Die Luft, worinn alle Bewegungen vorgehen, unterliegt, in Hinsicht auf ihre Dichtigkeit, einem steten Wechsel. Der Unterschied zeigt sich in Vergleich des Winters mit dem Sommer beträchtlich; und da ist der Widerstand, den die Luft den bewegten Körpern entgegensetzt, nicht leicht in genaue Rechnung zu bringen.

** Bewegt sich ein Körper durch ein festes Medium, z. B. eine von Pulver getriebene Kugel durch ein Brett, durch eine Mauer u. d. gl., so ist die Beschaffenheit der Körper, ihre Cohärenz, ihre Festigkeit u. s. w. zu berechnen.

nen. Wobei sich so viele Irregularitäten finden, daß die Angabe eines Gesetzes beinahe als unmöglich wird.

67.

Lassen wir eine Kugel A sich in eben demselben Mittel bewegen, mit einer doppelt so grossen Geschwindigkeit als eine andere Kugel B, die denselben Umfang hat. Die Kugel A stößt in derselben Zeit auf nochmal so viele Theile des Mediums als die Kugel B, leidet daher einen noch so grossen Widerstand des Mediums. Ueberdieß stößt die Kugel A, die sich mit einer doppelten Geschwindigkeit bewegt, gegen den doppelten Widerstand, mit noch so grosser Geschwindigkeit als die Kugel B: es erleidet also ein im Medium mit doppelter Geschwindigkeit bewegter Körper einen vierfach grössern Widerstand. — Dieses, was hier von einem vierfachen Widerstande bei einer doppelten Geschwindigkeit gesagt worden ist, hat allgemein statt: also

I. Verhält sich der Widerstand eines im flüssigen Mittel bewegten Körpers, als wie das Quadrat seiner Geschwindigkeit.

* Euler machte dieses Gesetz streitig; aber Lambert bestätigte es wieder.

68.

68.

Nehmen wir nun alles zusammen (66. 67.), so ist das allgemeine Gesetz des Hindernisses der Bewegung im flüssigen Mittel dieses: der Widerstand, den ein bewegter Körper im Medium leidet, steht in einem zusammengesetzten Verhältnisse der Dichtigkeit des Mediums, der Oberfläche des Körpers, und des Quadrats seiner Geschwindigkeit.

* Da bei den Flüssigen der Zusammenhang $= o$ zu achten ist (M. Lehrbuch der Naturwissenschaft. II. H.), so kommt hier **kein Cohärenz-Widerstand** in Rechnung.

** Das Medium wurde **ruhend** gesetzt; ist dasselbe auch in Bewegung, so sind folgende Fälle zu berücksichtigen: entweder hat das Medium, eine dem bewegten Körper **entgegengesetzte Bewegung**, oder es bewegt sich mit diesem nach **einerlei** Richtung; im ersten Falle ist der Widerstand des Mediums natürlich grösser, als im ruhenden Medium (67.), im zweiten **kleiner** — noch kleiner, wenn das Medium eine geschwindere Bewegung als der Körper hat. — Der Mensch, der gegen den Wind geht, ein Fisch, der gegen den Strom schwimmt u. s. w., haben nicht nur die Trägheit des Mediums (9.**),

sondern auch seine Bewegung zu überwinden. — Die Scheibenschützen nehmen genau auf die Bewegung der Luft (auf den Wind) Rücksicht, und richten sich darnach u. s. w.

*** Wir setzten auch die **Richtung** des bewegten Körpers überall als gerade voraus. Ist die Richtung des bewegten Körpers auf das Medium schief, so ist der Widerstand des Mediums schon deßwegen geringer, weil jede schief wirkende Kraft sich schwächer äussert, als eine gerade, vertical wirkende (24. IV.**); aber der sich schief auf ein Medium bewegende Körper setzt diesem gemeiniglich auch eine **kleinere Oberfläche** entgegen. Das **Flügelwerk** macht dieses anschaulich: die Zahl der Flügelwendungen ist um so viel grösser, als schiefer sie stehen, d. i. je kleiner ihre Oberfläche ist, die sie der Luft entgegen stellen u. s. w.

**** In den aufgestellten Gesetzen haben mancherlei Naturerscheinungen ihre nächste **Erklärung.** Im **Wasserhammer** schlägt das fallende Wasser wie Stein auf das Glas; hingegen schützt der **Fallschirm** den Luftschiffer vor dem schnellen Sturze. **Schneeflocken** fallen langsamer, als **Regentropfen** von gleicher Masse. Der Schuß mit einer **Kugel** reicht weiter, als der mit **Schrot** von gleichem Gewichte. — Wird nemlich dieselbe Masse zerstückelt, oder wie immer in mehrere Theilchen

zertheilt, so nimmt in den Theilchen die Masse ab, als wie die Cubi ihrer Halbmesser; ihre Oberfläche aber wie die Quadrate ihrer Halbmesser: durch Zertheilung oder Zerstückelung eines Körpers, nimmt also die Oberfläche im geringern Maße ab, als ihre Masse — dieselbe wird verhältnißmässig vermehrt: und da erleidet ein Körper um so grössern Widerstand seiner Bewegung im flüssigen Medium, als kleiner die Theile sind, in welche man ihn trennt. U. s. w.

69.

Hinderniß der Bewegung durch die Reibung. Die Oberflächen auch geglätteter Körper sind immer rauh, d. i. voll Erhabenheiten und Vertiefungen: berührt nun ein bewegter Körper einen andern, so kann er über diesen andern nicht wegkommen, ohne daß er sich an ihm reibe, und dadurch in seiner Bewegung aufgehalten — gehindert werde.

Der **Grund der Reibung** liegt, wie oben (64.) gelehrt worden, darinn: die Erhabenheiten einer Körperoberfläche senken sich in die Vertiefungen der andern ein; dieselben müssen dann aus diesen wieder herausgezogen, oder umgebogen, oder abgebrochen und zerquetscht wer-

den:

den —: der bewegte Körper verbraucht daher einen Theil seiner Kraftanwendung blos auf die Bewegung der Asperitäten der Körperoberflächen — auf Wegschaffung des Hindernisses der Reibung; daraus folgt nun:

I. Je grösser die Oberflächen der sich reibenden Körper sind, desto grösser ist, bei sonstiger Gleichheit, die Reibung.

II. Je tiefer die Asperitäten der Körperflächen ineinander eingreifen, welches der Fall bei der grössern Gewichtigkeit des bewegten Körpers ist, desto stärker reibt er sich.

III. Je grösser, härter u. d. gl. die Erhabenheiten sind, desto mehr Bewegungskraft geht durch die Reibung verloren.

IV. Je geschwinder die Bewegung geschieht, desto mehrere Asperitäten sind in derselben Zeit zu beugen, zu brechen u. d. gl., desto grösser ist daher die Reibung.

V. Ein gleitender Körper erleidet eine stärkere Reibung, als ein rollender; denn ein gleitender weicht den Asperitäten grossentheils aus. Es sei AB (Fig. 13. Taf. I.) der Durchschnitt eines schweren Körpers, welcher auf einem Rade liegt; CD sei der Boden, auf dem

das

das Rad fortgeht; die Zähne stellen die Asperitäten vor. Wird nun AB durch ein Gewicht P angezogen, so gibt der perpendiculäre Durchmesser *ab*, beim Drucke der Zähne des Körpers AB, gegen die Zähne des Rades, nach, und kommt in die Lage *cd*; *ef* aber tritt an die Stelle von *ab*. — Nemlich das Rad dreht sich, und die hervorstehenden Theile werden weder abgestossen, noch gebogen, noch übersprungen — (wenigstens nicht in solcher Menge, als bei der gleitenden Bewegung). —

* Die Wirkung der Reibung ist bedeutend groß bei dem **Fuhrwesen**, und bei den **Maschinen** aller Art. Auch nützen sich unsere **Kleider**, die **Schuhe** — die **Schreibfedern** u. d. gl. durch die Reibung ab; das **Abstumpfen** des **Rasirmessers**, und anderer schneidenden, hauenden, sägenden — **Werkzeuge** ist ein Erfolg der Reibung; die **Abrundung** der **härtesten** Steine, die ein Strom am Boden fortwelzet; das **Austreten** der **Steinplatten** in den Kirchen u. d. gl. sind in der Reibung gegründet. U. s. w.

70.

Man sucht die Gesetze der Reibung durch mechanische Vorrichtungen mittelst der Versuche

suche zu bestimmen: eine mechanische Vorrichtung zu diesem Zwecke, heißt man einen Reibungsmesser, Tribometer: Muschenbröck ist Erfinder des Tribometers, das ich Fig. 14. Taf. I. abgezeichnet habe. AB stellt vor eine 4 Zoll dicke hölzerne Welle mit einer durchgesteckten stählernen Axe *dg*, die bei *d* und *g* $\frac{1}{4}$ Zoll, bei *c* und *f* $\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser hat, und mit der Welle 3 Pfund wiegt. Das Ganze wird auf ein Gestell gebracht, wobei die Zapfen in Löcher (Pfannen) von verschiedenen Materien, z. B. Stahl, Kupfer, Quajackholz, Zinn u. s. w. eingelegt werden: Lager und Zapfen sind wohl polirt. Um die Welle ist eine Schnur geschlagen, an der auf beiden Seiten Gewichte P, *p* angehängt werden, um den Druck der Welle auf die Zapfenlager beliebig zu verändern. Bei *m* an der Seite des Cylinders hängt von einer feinen Schnur eine Schaale Q, um durch eingelegte Gewichte die Welle drehen zu können: die Grösse des eingelegten Gewichtes, welche die Umdrehung der Welle bewirkt, gibt die Grösse der Reibung an.

71.

Die vielen mit dem Tribometer angestellten Versuche führten bisher noch nicht zu einem allge-

gemeinen Gesetze der Reibung; und, da das Unregelmässige, das sich in den Körper-Qualitäten zeigt, und die äussern Einflüsse auf dieselben, nicht wohl zu beobachten und zu berechnen sind, so mögen wohl auch die künftigen Versuche mit verbesserten Werkzeugen zu keinem allgemeinen Gesetze führen. Indeß leiteten die Tribometer doch zu einigen nützlichen Resultaten:

1. Das Hinderniß der Reibung ist ungefähr einem Drittel des Gewichtes, oder Druckes eines bewegten Körpers gleich. — Sollten 9 Pfund Holz auf ebenem Boden fortgeschafft werden, so verzehrt die Reibung durch Reaction 3 Pfund Bewegungskraft.

2. Stahl reibt sich auf Messing am wenigsten; stärker, der Ordnung nach, auf Blei, Kupfer, Quajackholz, Zinn.

3. Einerlei Metalle reiben sich am stärksten aneinander.

4. Bei grösserer Oberfläche der Körper wächst die Reibung, doch nicht allgemein.

5. Die Reibung ist stärker, wenn das Gewicht des bewegten Körpers grösser ist, aber dennoch steht die Reibung nicht allgemein im Verhältnisse des Gewichtes, oder des drückenden Körpers.

6. Die

6. Die Bewegung eines Körpers auf Holz erleidet nach der Richtung der Fibern die geringste Hemmung.

72.

Das Hinderniß der Reibung tritt mächtig hervor an den Stricken oder Seilen, die vielfältig in der Mechanik gebraucht werden. — Stricke oder Seile sind cylindrische und biegsame, aus mehreren Fäden zusammengeflochtene Körper. Die Fäden, woraus die Stricke zusammengesetzt sind, sind mehr oder weniger gedreht; die Fäden drehet man wieder — in Schnüre, und diese zu Seilen.

Amontons war der erste, welcher auf die Steifheit der Stricke, und den daher rührenden Widerstand der Bewegung aufmerkte, und viele Versuche darüber anstellte: Desaguiliers Coulomb u. a. haben sie erweitert.

Die Gesetze des Hinderniſses der Bewegung durch Stricke sind schwer anzugeben: zumal Feuchtigkeit und Trockenheit, die stets wechseln, den Widerstand der Stricke vielfältig alteriren.

Indeß sind folgende Resultate der Versuche als etwaige Gesetze der Reibung, die durch die Steifigkeit der Stricke bei ihrer Beugung entsteht, anzusehen: der Widerstand der Stricke steht 1. im

1. im Verhältnisse der Kräfte (der Gewichte), welche den Strick spannen;
2. im Verhältnisse des Durchmessers der Stricke;
3. im umgekehrten Verhältnisse des Durchmessers der Cylinder, um welche sich verschiedene Stricke umwinden.

* Ist ein Strick aus Hanf durch das Drehen auf $\frac{1}{3}$ verkürzt, so trägt er (nach Duhamels Versuchen) 4290 Pf. ohne zu reißen. Ein auf dieselbe Weise verfertigter, aber weniger gedrehter, und nur um $\frac{1}{4}$ durch Drehung verkürzter Strick, trägt 5259 Pf. — Nuschenbröck fand bei seinen Versuchen, daß Stricke um so stärker halten, als weniger sie gedreht, und als feiner ihre Fäden sind. Nemlich: Das Drehen formt das Seil zur Schraube, wo dann die Reibung vermehrt, die Wirksamkeit aller Fäden zugleich gehindert, und viele der einzelnen Fäden zerbrochen werden. —

73.

Mittel gegen die Hindernisse der Reibung sind dem Vorhergehenden zufolge:

1. Es greifen nur stählerne Zapfen in Pfannen aus Messing, wie z. B. in Sackuhren ꝛc.
2. Man vermindere die Berührungsflächen der Körper, die sich über einander bewegen. So hängt man das Pendel einer Uhr an einen Faden, oder an einer schmalen Stahlfeder auf;

schärft

schärft die Zapfen der Glocken; hängt die Wagschaalen an schneidig zugehende Polzen u. s. w.

3. Walzen auf Holz werden nach der Richtung der Holzfibern geführt.

4. Man bringe reines Oel in die Zapfenlager; schmiere die Axen der Räder — mache sie schlüpfrig (glatt), u. s. w.

5. Grosse Lasten werden auf Räder gelegt — oder, den Körpern wird eine rollende — drehende, walzende Bewegung gegeben.

6. Die Stricke seien nicht zu stark gedreht — nicht wie gewöhnlich bis auf ein Drittel. —

* Bei dem Fuhrwerk wird vornehmlich die Bewegung der Lasten auf Rädern beabsichtet. Räder von grossem Umfange drehen sich nicht so oft um, reiben sich also nicht so stark, als die kleinen Räder. Breite Peripherien der Räder schneiden nicht so tief ein, als schmale, sind demnach bei grossen Lastwägen den schmalen vorzuziehen u. s. w. — Das Sperren des Wagens bei dem Bergabfahren ist nichts anders, als eine Veranstaltung starker Reibung, um den Wagen aufzuhalten. — Eine gute Schlittenbahn, oder eine Eisfläche ist eine so glatte Ebene, daß ihre Reibung = o ist: daher die Möglichkeit, die größten Lasten mit kleinen Kräften auf Schlitten fortzubringen — daher die Wirkung der Schleifschuhe. U. s. w.

Die Mechanik.

Die Mechanik.

Einleitung.

74.

Die Mechanik ist, im weitern Sinne genommen, die Lehre von der Bewegung der Körper, und von der Grösse der Kräfte, die die Bewegung erzeugen.

I. Die Mechanik ist daher, wie es schon der Begriff einer Bewegungslehre fordert (5.), eine physisch-mathematische Lehre, und wird, sofern sie sich zur Bestimmung der Bewegungsgrössen blos der Elemente der Mathese bedient, gemeine; sofern sie sich aber auf höhere Mathematik stützt, höhere Mechanik genennt. Die gemeine Mechanik gehört der Physik an.

* Von der Geschichte der Mechanik und von der Bücherkunde, mündlich.

75.

Die Kräfte, welche wir uns als Bestrebungen, Bewegung hervorzubringen, denken, äussern sich entweder in den festen oder flüssigen Körpern, und erscheinen dann entweder im Zustande des Gleichgewichtes — der Ruhe, oder des Uebergewichtes — der wirklichen Bewegung: die Hauptttheile der Mechanik sind demnach:

I. Die Lehre von dem Gleichgewichte und der Bewegung fester Körper.

II. Die Lehre von dem Gleichgewichte und der Bewegung der Flüssigen.

76.

Die Flüssigen sind entweder tropfbare (Wasser und Wasserähnliche), oder nichttropfbare (Dämpfe und Luftförmige): die Lehre von dem Gleichgewichte und der Bewegung der Flüssigen erhält daher eine Untergabtheilung, in

1. die Lehre von dem Gleichgewichte und der Bewegung der Tropfbarflüssigen;

2. in

2. in die Lehre von dem Gleichgewichte und der Bewegung der Nichttropfbarflüssigen.

77.

Um also die **Mechanik, im weitern Sinne** genommen, vollständig abzuhandeln, fasse ich das Lehrreichste hievon unter nachstehende Aufschriften:

I. Von dem Gleichgewichte der festen Körper (*Geostatica*).

II. Von der Bewegung der festen Körper (**Mechanik im engern Sinne**), **Maschinenlehre** (*Mechanica*).

III. Von dem Gleichgewichte der Tropfbarflüssigen (*Hydrostatica*).

IV. Von der Bewegung der Tropfbarflüssigen (*Hydraulica*).

V. Von dem Gleichgewichte der Nichttropfbarflüssigen (*Aerostatica*).

VI. Von der Bewegung der Nichttropfbarflüssigen (*Pneumatica*).

I.

Vom Gleichgewichte der festen Körper.

78.

Die Lehre von dem Gleichgewichte der festen Körper ist die Geostatik.

79.

Erklärungen. 1. Gleichgewicht ist Ruhe, die entsteht aus allen Kräften, die auf einen gemeinschaftlichen Punct einander entgegenwirken, und gleich sind. Ein Stab, der auf eine Schneide gelegt ruht, stellt an seinen Theilen, die dies- und jenseits über die Schneide hingehen, vermöge ihrer Schwere zu sinken streben, und dadurch einander wechselweise zu heben suchen, gleiche und entgegengesetzte Strebungen — das Gleichgewicht dar.

2. Der Punct eines solchen Stabes, so wie eines jeden andern Körpers, von dem aus alle Strebungen der Theile entgegengesetzt und gleich sind, heißt der Schwerpunct, weil alle Theile des Stabes mit ihm zusammenhängend, gleichsam ihre Schwere in ihm vereinen, — in ihm niederdrücken, sobald derselbe Schwerpunct unterstützt wird.

3. Je-

3. Jener **Punct**, der den Schwerpunct unterstützt, ihn wie immer hält oder trägt, wird **Stütze, Ruhepunct, Untersatz** (hipomochlion) genennt.

* Das **Gleichgewicht**, das wir in den Körpern wahrnehmen, ist eigentlich Ausdruck dynamischer **Gegensätze**, die, in die **Einheit** zurückstrebend, und diese, im **Schwerpuncte** erringend, einen andern **Gegensatz** suchen u.s.f. in **Verein** mit diesem nach der **Gesammteinheit** — nach dem **Mittelpuncte der Erde** streben, und dieses Streben durch den **Druck** auf die **Unterlage**, und durch die **senkrechte Richtung** desselben auf die Oberfläche der Erde offenbaren. —

80.

Folgesätze. I. In allen Körpern ist, sofern sie ein zusammenhängendes Ganzes sind, ein **Schwerpunct** — ein Punct, in dem die ganze Schwere des Körpers vereint niederstrebet, zu denken, und, wie wir nachher lehren werden, auch zu finden.

II. Wenn der Schwerpunct eines Körpers unterstützt ist, so muß er **ruhen.**

* Der Schwerpunct kann unterstützt werden **unmittelbar**, wie vom Stabe gesagt worden

(79. 1.), oder mittelst einer senkrechten Linie, die durch den Schwerpunct geht — über und unter ihm.

III. Was den Schwerpunct unterstützt, hält, trägt; unterstützt, hält, trägt den ganzen Körper.

IV. So lange sich die Richtungslinie der Schwere eines Körpers durch seinen Untersatz zieht, kann der Körper nicht fallen; doch steht er, wie es erhellet, um so fester, als näher die Richtungslinie der Schwere sich nahe an der Mitte des Untersatzes (der Grundfläche) des Körpers durchzieht: fällt die Richtungslinie der Schwere mit dem Unterstützungspuncte zusammen, so steht der Körper am festesten.

V. Wird die Richtungslinie der Schwere eines Körpers so verrückt, daß sie über die Grundfläche des Körpers (die Stütze) hinausfällt, so stürzt er um.

81.

Erklärungen daraus. 1. Man sieht aus dem Vorhergehenden klar ein, warum ein sphärischer Körper auf einer nur wenig geneigten Ebene über denselben hinrollet — fällt. —

2. War-

2. Warum ein cubusförmiger Körper auf einem Planum erst bei einer grossen Inclination desselben zu gleiten anfängt.

3. Warum ein Trinkgeschirr von breiter Grundfläche fester steht, als ein anderes von schmaler Grundfläche; ein Mensch auf zweien Beinen sicherer, als auf einem geht; ein Pferd im Galoppe geschwinder stürzt, als im Trabe, u. dgl. m.

4. Warum sich die Bauleute des Blei-Lothes bedienen, um Gebäude fest zu gründen.

5. Warum das Licht in der Lampe des Cardanus (Roll-See-Lampe) immer nach oben steht, obgleich die Lampe gedreht wird.

6. Warum die Thürme von Pisa und Bologna, deren jener eine Neigung von 15, dieser von 9 Fuß haben soll, dennoch nicht falle.

7. Warum ein Ei, dessen einer der Pole mit Schrot beschwert ist, auf der Spitze stehe; Gläser, deren Boden sehr massiv ist — Figürchen aus Hollundermark, die einen bleiernen Fuß haben, umgelegt wieder aufstehen u. dgl. m.

8. Warum eine Puppe, die inwendig hohl ist, in der Höhlung Queckſilber enthält, und die gehörige Gelenkigkeit seiner Arme und

Bei-

Beine hat, (das chinäsische Burzelmännchen) rückwärts über eine Treppe geht; ein Gliedermann auf einem seilförmigen Stabe auffallende Bewegungen; eine hölzerne Figur mit angehängten Gewichten, die den Schwerpunct tief senken, auf eine Spitze gestellt, Drehungen und Schwenkungen macht, ohne herabzustürzen; das sogenannte Sägmännchen, ohne zu fallen, stehen, und schwanken (arbeiten) könne. —

9. Warum nicht ein Heuwagen, an einer Seiten — aber ein Wagen mit Getreid beladen, Unterstützung bedarf, wenn die Räder auf einer Seite über einen kleinen Abhang gehen.

10. Warum sich unser Leib vorwärts neiget, wenn wir eine Last auf dem Rücken tragen, oder auch nur eine Stiege oder einen Berg besteigen; hingegen sich rückwärts beugt, wenn wir eine Last voran halten, oder die Stiege oder den Berg herabgehen; — den linken Arm ausstrecken, wenn wir den rechten belasten u. d. gl.

11. Warum der Mensch vom Sitze nicht aufstehen kann, ohne den Fuß zurück zu ziehen,

oder

oder den obern Theil des Leibes vorwärts zu bewegen.

12. Warum eine Walze, an deren innern Peripherie Blei befestigt ist, über eine geneigte Fläche — ein Doppelkegel (zusammengesetzt aus zweien Kegeln, deren Basen sich berühren) auf einer schiefen Ebene, welche zwei unter einem Winkel gestellte Bretter bilden, sich hinauf bewege.

13. Warum ein Kästchen, dessen Eine Schublade ein schweres Gewicht enthält, bis auf einen kleinen Theil über einen Tisch hinausgestellt, nicht falle.

14. Warum Seiltänzer auf einem Seile oder einem Drathe gehen, und Bewegungen wie auf einer breiten Fläche machen: ihre Kunst beruht auf einer feinen Empfindung des Schwerpuncts, und auf der Geschicklichkeit, ihn über einer schmalen Basis zu erhalten; dazu dient ihnen die Balancierstange. U. s. w.

* Alles Gleichgewicht bezieht sich auf den Schwerpunct (79. 2.): ist dieser gefunden, und dann unterstützt, so sind alle Theile eines zusammenhängenden Ganzen im Gleichgewichte — in entgegengesetzten und gleichen Strebungen. Nun:

82.

Weise den Schwerpunct zu finden.

1. **Den einer Linie.** — Denkt man sich eine Linie (Fig. 16. Taf. I.), deren Endpuncte P und *p* auf die Erde schwer sind, in ihrer Mitte auf einen Untersatz C gelegt: so sind die Bestrebungen von CP und C*p* um den Punct C einander entgegengesetzt und gleich: die beiden Theile der Linie sind im Gleichgewichte, und der Schwerpunct liegt in ihrer Mitte (79. 2.).

* Wir besitzen in der Natur keine Linien, sondern Stäbe, Stangen, Balken u. d. gl. Nimmt man diese durchgehens gleichartig an, und legt sie auf einen in eine Schneide ausgehenden Untersatz, so fällt der Schwerpunct aus obigem Grunde in die Mitte. Aber unsere Stäbe, Stangen u. d. gl. aus Holz, Eisen u. d. gl. sind nie ganz gleichartig. Alsdann sind nicht blos die äussersten Puncte, sondern alle Theile der Stäbe, Stangen u. d. gl. schwer, und wirken wie an einer Linie angehängte Gewichte. Ueberdem entsteht durch die Gewichtigkeit der Stab-Theile eine dreifache Wirkung auf den Stab; seine obern Theile werden horizontal gestreckt, die untern horizontal zusammengedrückt, und alle zugleich nach der Richtung der Schwere ge-

getrieben. Das ganz Besondere der horizontal wirkenden Kräfte ist, daß sie vom Untersatze an in arithmetischer Progression 1, 2, 3, 4 u. s. w. wachsen so, daß ein leichterer, aber längerer über den Untersatz hingehender Theil dem kürzern, aber schwerern das Gleichgewicht hält: mithin der Schwerpunct eines ungleichartigen Stabes um so viel näher zu dem schwerern und kürzern Theile hinfällt, als länger der leichtere ist. Dieses Phänomen war von jeher auffallend! — Es hängt auch von der richtigen Verständniß dieses Phänomens die ganze richtige Ansicht des Gleichgewichtes ab. Wir versuchen, diese zu geben.

** *Vires in nexum.* —

83.

Die Theile eines Stabes dies- und jenseits der Unterlage sind sammt und sonders schwer: streben daher abwärts; aber

abwärts strebend heben sie sich einander, ihres Zusammenhanges wegen, auch wechselweise (79.):

es steigt wirklich ein Theil, während daß der andere sinkt. —

Setzen wir, es liege ein durchaus gleichförmiger Stab P*p* (Fig. 16. Taf. I.) mit seiner

Mit-

Mitte auf dem Untersatze C: seine Gewichte, die wir in P und *p* concentrirt denken, sind dann gleich. Lassen wir P bis *m* sinken, so steigt in der nemlichen Zeit *p* bis *n*; und, da CP = C*p* sich um den Mittelpunct C als Radien bewegen, und die von Radien beschriebenen Bögen im Verhältniß derselben stehen: so sind auch die Bögen P*m* und *pn* — die von P und *p* beschriebenen Räume, mithin auch ihre Geschwindigkeiten gleich: es sind also in dem Falle,

wo die Gewichte der über einen Untersatz hingehenden Stabtheile, und ihre Längen (die Abstände der Gewichte von der Unterlage) gleich sind;
auch ihre sich einander entgegengesetzten Strebungen gleich; das ist: der Stab befindet sich im Gleichgewichte.

* Nennen wir das Gewicht auf eine Seite des Stabes P, das auf der andern *p*: die Entfernung P vom Unterstützungspuncte D, die Entfernung *p* vom Unterstützungspuncte *d*, so ist im Gleichgewichte PD = *pd*.

84.

Lassen wir itzt den Stab auf der Seite P (Fig. 17. Taf. I.) dreimal weiter, als auf der Sei=

Seite *p* über die Stütze C hingehen: so wird P aufsteigend bis *b*, einen Bogen beschreiben, der sich zu dem in der nemlichen Zeit beschriebenen Bogen *p a* verhält, wie CP: *cp*: das ist, er wird **dreimal grösser** als dieser; und die Geschwindigkeit von P = 3 sein. Soll daher das entgegengesetzte Streben von *p* dem von P gleich kommen, so muß *p* um so viel mehr Masse erhalten, als grösser die Geschwindigkeit von P, das heißt *p* = 3 ist.

Auf gleiche Weise wächst die Geschwindigkeit von P mit jeder **Verlängerung** des Stabes CP, oder mit jedem **Abstande** des **Gewichtes** P von der **Unterlage** C; es erhellet daher, daß **allgemein das Streben der Gewichte eines auf eine Schneide gestützten** Stabes, genau in dem Verhältnisse der **Längen** der **über die Stütze hingehenden Theile stehe**, oder: **sich wie die Abstände ihrer Gewichte von dem Unterstützungspuncte verhalte.**

I. Setzt man daher die Theile eines Stabes, die über eine Unterlage hingehen, **ungleich**: so kann das **Gleichgewicht** nur dann statt haben, **wenn die Gewichte derselben mit ihren Abständen von dem Unterstützungspuncte, ein**

verkehrtes Verhältniß halten: wenn sich verhält $P : p = d : D$: es ist auch nur unter dieser Bedingung $PD = p\,d$ (83.).

85.

Dem Vorhergehenden zufolge läßt sich der **Schwerpunct** jeder mit **ungleichen Gewichten beschwerte Linie finden**: 1. den Schwerpunct zweier durch eine Stange verbundenen ungleichen Kugeln; dieselben haben einen gemeinschaftlichen **Schwerpunct**, der in eben der geraden Linie, welche die Mittelpuncte der beiden Kugeln miteinander verbindet, so liegt, und sie so theilt, daß die beiden Theile sich umgekehrt wie die Gewichte (die Massen) der Kugeln verhalten.

2. Der **Mond** und die **Erde** sind durch die **Schwerkraft** miteinander verbunden (60.); der **Schwerpunct** zwischen beiden läßt sich so finden: die Masse der Erde verhält sich zur Masse des Mondes ungefähr wie 50 : 1; die Entfernung beider ist 60 Halbmesser der Erde, deren jeder beinahe 860 deutsche Meilen beträgt. Es sei nun die **Masse der Erde** $= M = 50$. Die **Masse des Mondes** $= m = 1$. Der **ganze Abstand beider** $= D = 60$ Halbmesser der Er=

Erde, deren jeder beiläufig 860 deutsche Meilen beträgt: mithin $= 60 . 860 = 51600$. — Der Abstand der Erde von dem Schwerpuncte $= x$; der Abstand des Mondes von demselben Mittelpuncte $= D - x$. — Nach dem, was vorhergegangen, ist $M : m = D - x : x$: folglich $Mx = Dm - mx$: mithin $Mx + mx = Dm$: also $x = \frac{Dm}{M+m} = \frac{51600 . 1}{50 + 1} =$ $1011\frac{39}{51}$ deutsche Meilen. — Der gesuchte Schwerpunct ist daher von der Oberfläche der Erde entfernt beinahe $1011\frac{39}{51}$ deutsche Meilen. Nun, vom Monde wie weit? Antwort: $50 : 1 = x : 1011$; woraus $x = 1011\frac{39}{51} . 50 =$ $50588\frac{12}{51}$ deutsche Meilen. Diese Summe gibt auch wirklich mit $1011\frac{39}{51}$ die ganze Entfernung beider Körper $= 51600$.

3. Auf dieselbe Weise findet man den gemeinschaftlichen Schwerpunct für die Sonne und alle Planeten, welche sich um dieselbe bewegen. Befänden sich alle Planeten an dem Einen Extreme einer Linie, und die Sonne an dem andern: so würde (wie der Calcul gibt) der ge-

meinschaftliche Schwerpunct von der Sonnen=oberfläche beinahe $\frac{1}{18}$ ihres Halbmessers entfernt sein.

86.

Weise den Schwerpunct in verschiedenen soliden Körpern zu finden. Wird die Masse eines Körpers durchgehens gleichartig — gleich dicht gesetzt, so fällt sein Schwerpunct mit dem Mittelpuncte seiner Grösse (centrum magnitudinis), der den Körper in gleiche Theile theilt, zusammen — nach dem, was Nro. 83. gelehrt worden ist. — Eine gleichförmig dichte Kugel hat daher ihren Schwerpunct im Centrum; ein Cylinder in der Mitte seiner Axe; ein prismatischer Stab in Mitte seiner Halbirungslinie u. s. w.

Bei flachen, durchweg gleichartigen Körpern findet man den Schwerpunct so: der Körper, z. B. ein Dreieck, Viereck, eine Scheibe u. d. gl. wird an einem Puncte aufgehängt, und dann eine senkrechte Linie durch diesen Punct gezogen. Hierauf hängt man den Körper an einem andern Puncte auf, und zieht abermal durch diesen Punct eine Verticallinie; im Durchschneidungspuncte dieser beiden Linien liegt der Schwerpunct (83.).

* Da unsere Körper, wie oben bemerkt worden ist, meistens ungleichartig sind (82. *): so ist der Schwerpunct durch Probiren zu suchen, indem man den Körper auf eine Schneide legt, und ihn darauf so lange hin und her rückt, bis die nach allen Seiten hingehenden Theile in Ruhe sind. Bernoulli bestimmte auf diese Weise den Schwerpunct des menschlichen Leibes; derselbe legte einen Menschen auf die Kante eines Prisma, anfangs nach der Länge, hierauf (was mehr Vorsicht fordert) nach der Breite, und merkte die Linien an, in denen der Körper im Gleichgewichte war: der Durchschnittspunct (mithin der Schwerpunct) fiel in das Becken.

87.

Der Schwerpunct eines hohlen Kegels bestimmt die höhere Mechanik so, daß der Schwerpunct desselben in die Weite des dritten Theils der Seite desselben gegen die Grundfläche: den Schwerpunct eines dichten Kegels findet sie in der Weite des vierten Theils der Seite gegen die Fläche u. s. w.

II.

Von der Bewegung der festen Körper.

88.

Die Lehre von der Bewegung fester Körper, mittelst der Maschinen, ist uns die **Mechanik im engern Sinne — Maschinenlehre.**

* **Maschine** wird jede **Vorrichtung** genennt, welche dient, eine **vortheilhafte Bewegung** hervorzubringen. **Vortheilhaft** wird aber jene Bewegung genennt, welche **entweder mit geringerer Kraft, oder in kürzerer Zeit** bewirkt wird, als es ohne eine solche Vorrichtung nicht geschähe.

89.

Die Maschinen unterscheiden wir in einfache und zusammengesetzte; diese stammen aus jenen als Grundmaschinen ab.

90.

Zu den einfachen Maschinen zählen wir

1. den **Hebel** (vectis).
2. die **geneigte Ebene** (planum inclinatum).

91.

91.

Unter die zusammengesetzten Maschinen rechnen wir

1. die Rolle (trochlea);
2. das Rad an der Welle (axis in peritrochio);
3. den Keil (cuneus);
4. die Schraube (cochlea).

* Anderweitige Maschinen, als Räderwerke u. d. gl. sind nichts anderes, als weitere Zusammensetzungen aus den vorhin genannten Maschinen.

92.

Bei Maschinen kommen vornehmlich das, was bewegt — die Kraft (potentia), und das, was zu bewegen ist — die Last (pondus), in Anschlag; und alle Untersuchung in der Mechanik geht überhaupt dahin: „wie viel Kraft wird erfordert, um der Last das Gleichgewicht zu halten?“ Ist dieses bekannt, so versteht sichs von selbst, daß zur wirklichen Bewegung noch etwas mehrers erfordert werde.

* Unter dem Namen Last kommt jeder Widerstand der Bewegung — das Hinderniß der Trägheit (9.), das Medium, die Reis-

Reibung, die Masse eines zu hebenden Körpers u. s. w. Kraft heißt alles, was Bewegung hervorzubringen strebet (75.) — Wasser, Wind, Stahlfeder, Gewicht, Thiere, Menschen u. d. gl.

** Kraft und Last verhalten sich bei Maschinen zueinander, wie Geschwindigkeit und Masse, welches in der Folge noch klarer werden wird. Da nach dem Obigen (84.) die Geschwindigkeit und Masse, im Gleichgewichte, zueinander ein verkehrtes Verhältniß haben: so ist daraus ersichtlich,

daß die Mechanik in den vortheilhaften Bewegungen durch Maschinen niemals beide Vortheile, den der geringern Kraft und den der kürzern Zeit, vereinigen könne (88. *).

93.

In der Mechanik werden vielfältig die Kräfte der Thiere und Menschen zur Bewegung gebraucht. Die Thiere ziehen und tragen. Der Mensch kann ziehen, tragen, und mit seinem eigenen Gewichte, dann noch durch freien Gebrauch der Muscelkraft wirken. — Mehrere Naturforscher untersuchten die Thier- und Menschen-Kräfte in Hinsicht auf ihr mechanisches

Ver-

Vermögen. Nach de Lahire kann ein Mensch, der 143 Pfund wiegt, 153,2 tragen. — Ein Lastträger, mit 163,45 Pfund beschwert, legte den Weg von 90 Klafter in 2 Minuten 19 Sec. zurück (Amontons). Nach Desagulliers trägt ein gewöhnlicher Mensch eine kurze Zeit 102,14 Pfund; ein Soldat auf dem Marsche 24,52 Pfund. — Die Kraft eines Menschen, der Wasser zieht, ist = 145,24 Pfund — dessen, der eine Kurbel dreht, 236,97 Pfund — nach Coulomb; u. s. w. Die Kraft eines Pferdes wird von Desagulliers der von 5 Menschen gleich gesetzt u. s. w.

* Desagulliers suchte, um mehr Bestimmtheit in die Kräftengrösse der Menschen und Thiere zu bringen, ihre Anstrengungen auf Gewichte zurückzuführen, und die Frage zu lösen: wie groß die Kraft sein müsse, wodurch ein Gewicht in einer Secunde zu der Höhe 1 Fußes gehoben werde?

94.

Von dem Hebel.

Eine unbiegsame, zur Lastenbewegung bestimmte, und um einen Punct bewegliche Linie, heißt ein **Hebel.**

* Da die Linien, deren wir uns in der Mechanik bedienen können, Stäbe, Stangen u. d. gl. sind, so repräsentirt sich der Hebel in den Hebbäumen, Brechstangen u. d. gl.

95.

An einem Hebel (Fig. 16. Taf. I.) sind drei Puncte zu unterscheiden:

der Punct, an dem die Kraft, Potenz = P;
der, an dem die Last = p angebracht ist;
und der, um den die Bewegung geschieht, der Schwerpunct C, der auch Bewegungspunct (centrum motus) genennt wird, und auf einer Unterstützung aufliegt.

96.

Die eben genannten drei Puncte können verwechselt werden so,

daß entweder der Bewegungspunct —
die Stütze,
oder die Last,
oder die Kraft,

in der Mitte ist: daher die Unterscheidung dreierlei Hebel. Ein Hebel, in dem der Unterstützungspunct zwischen Kraft und Last fällt, wird Hebel erster Art (Fig. 16 und 17. Taf. I.); der, in dem die Last zwischen dem Unterstü=

stützungspuncte und der Kraft liegt, Hebel der zweiten Art (Fig. 18. Taf. I.); der endlich, woran sich die Kraft zwischen dem Ruhepunct und der Last befindet, Hebel dritter Art genennt (Fig. 19. Taf. I.).

* Den Hebel erster Art nennt man auch einen zweiarmigen Hebel (vectis heterodromus), weil ein Theil desselben steigt, während der andere sinkt. Hingegen heißen die Hebel der zweiten und dritten Art in dieser Beziehung einarmige Hebel (vectis homodromus).

** Die Hauptfrage ist hier: wie viel Kraft wird erfordert, um einer gegebenen Last mittelst des Hebels das Gleichgewicht zu halten? Indem wir diese Frage lösen, nehmen wir eine vollkommen gerade, steife und gewichtlose Linie, d. i. einen mathematischen Hebel an. Da nun unsere Hebel, die wir anwenden, physische Hebel, d. i. Stäbe oder Stangen sind, die gewichtig, und weder vollkommen gerad noch vollkommen steif sind: so ist klar, daß die aufgestellten Gesetze in der Praxis nicht strenge Anwendung haben.

97.

Lehrsatz. In einem Hebel ist alsdann das Gleichgewicht, wenn das Product aus Kraft

in

in ihre Entfernung vom Ruhepuncte, dem Producte aus der Last in ihre Entfernung von demselben Ruhepuncte gleich ist. — Die Wahrheit dieses Satzes geht aus dem, was wir oben (83. 84.) lehrten, unmittelbar hervor. Sind nemlich an den Extremen einer Linie **Gewichte** angehängt: so wächst ihr Streben, sich zu bewegen, (**ihre Geschwindigkeit**), im Verhältnisse ihrer **Entfernung** vom Untersatze, und die Theile einer auf eine Unterlage gestützte Linie sind im Gleichgewichte, wenn die Producte aus Gewicht in seine Entfernung von der Unterlage auf einer Seite, dem Producte aus dem Gewichte in seine Entfernung von derselben Unterlage auf der andern Seite gleich ist. Nun **vertreten am Hebel Kraft und Last die Gewichte** (93.) Es ist also an einem Hebel alsdann das Gleichgewicht, wenn das Product aus Kraft in ihre Entfernung vom Ruhepuncte dem Producte aus Last in ihre Entfernung von demselben Ruhepuncte gleich ist.

* Wenn die **Kraft** P, und ihre **Entfernung** D; die **Last** *p*, und ihre **Entfernung** vom Ruhepuncte *d* heißt: so ist im Gleichgewichte P D = *p d*.

** PD und *pd* (die Producte aus den Kräften und ihren Entfernungen vom Unterstützungspuncte) werden die statischen Momente genennt; daher der Ausdruck: im Gleichgewichte sind die statischen Momente gleich.

*** Es ist klar, daß, wenn die Bewegungsgrössen der Last und der Kraft gleich sind, auch das Gleichgewicht im Hebel sein müsse. Eine Bewegungsgrösse wird durch die Masse in ihre Geschwindigkeit = MC (*mc*) bestimmt (37.). Masse ist = dem Gewichte (9.**): mithin auch = Kraft und Last (93.) Die Geschwindigkeit wächst am Hebel gerade, wie die Entfernung der Kraft und Last: C ist daher am Hebel = D: folglich MC mit PD, und *mc* mit *pd* gleichgeltend: ist nun am Hebel das Gleichgewicht, wenn MC = *mc* (37.*): so muß auch dann das Gleichgewicht an ihm statt haben, wenn PD = *pd*.

**** Von den andern verschiedenen Beweisarten des aufgestellten Hebel-Gesetzes in den Vorlesungen.

98.

Folgesätze. I. Sind Kraft und Last an einem Hebel gleich, so müssen im Gleichgewichte auch ihre Entfernungen vom Ruhepunc-

puncte (die Längen der Hebelarme) gleich sein. — Deßgleichen sind bei gleich langen Armen des Hebels Kraft und Last gleich; denn sonst wäre PD nicht $= pd$.

II. Sind Kraft und Last oder ihre Entfernungen ungleich, so müssen im Gleichgewichte die Kräfte mit ihren Entfernungen im verkehrten Verhältnisse stehen: es muß sich verhalten $P : p = d : D$; denn nur unter dieser Bedingung ist $PD = pd$.

III. Ist PD grösser als pd, so erfolgt die Bewegung selbst, mit dem Uebermaße der Kraft $= PD - pd$.

IV. Je länger der Hebelarm ist, an dem die Kraft angebracht wird, und je kürzer der ist, an dem die Last hängt, desto gewaltiger wirkt dieselbe Kraft. — Würde die Last auf den Ruhepunct zu liegen kommen, so wäre der Abstand der Last $= 0$; aber dann dürfte auch die Kraft nichts heben von der Last, die Last würde ganz vom Ruhepuncte getragen.

* Die ungleicharmigen Hebel sind es demnach, die einen solchen mechanischen Vortheil geben, daß man mit kleiner Kraft grosse Lasten hebt; denn eine Kraft $= 1$ be=

bewegt bei ihrer Entfernung vom Ruhepuncte = 2, 3... 100, eine Last, deren Entfernung vom Ruhepuncte ebenmässig 1 ist, = 2, 3 ... 100. U. s. w.

99.

Das allgemeine Hebelgesetz findet sich auch in allen Arten der Hebel. Der Hebel von erster Art ist entweder von gleichen (Fig. 16. Taf. I.), oder von ungleichen Armen (Fig. 17. Taf. I.): im ersten findet sich das Gleichgewicht, wenn PD = *p d*; im zweiten, wenn P : *p* = *d* : D. (90. I. II.).

Im Hebel zweiter Art (Fig. 17. Taf. I.) hat die Kraft immer eine grössere Entfernung von dem Ruhepuncte als die Last: die Abstände derselben vom Ruhepuncte sind ungleich: also werden wir im Hebel zweiter Art, nach der Formel P : *p* = *d* : D, das Gleichgewicht finden, wenn die Kraft sich zur Last verhält = C*n*: C*o*.

An dem Hebel dritter Art (Fig. 19. Taf. I.) ist allemal die Last vom Ruhepuncte weiter entfernt als die Kraft: in diesem Hebel ist daher, nach P : *p* = *d* : D, das Gleichgewicht, wenn sich die Kraft zur Last verhält = C*o* : C*n*.

* Bei dem Gebrauche dieses Hebels muß, wie es erhellet, die Kraft immer grösser sein,

als

als die Last: indeß gewähret er den **Vortheil der Geschwindigkeit.** Bewegt sich nemlich der Hebel (Fig. 19. Taf. I.) aufwärts, so beschreibt *p* einen noch so grossen Bogen als P (83. 84.); bewegt sich daher bei seinem **doppelten Abstande doppelt so geschwind**, als die Kraft. Die **Heu- und Garben-Gabel** stellt uns das Beispiel dieses Hebels auf, der wegen seiner vortheilhaften Wirkung **Wurfhebel** genennt wird. Die Natur hat den **Musceln** des thierischen Leibes eigene Kraft gegeben, und sich sehr zweckmässig zu diesem Ende des **Hebels dritter Art** bedient (M. Abhandlung über die Erde — in dem physiologischen Abschnitte).

100.

Nach dem bisher Gelehrten sind die **mechanischen Kräfte** (Potenz und Last) durchweg aus ihren **Entfernungen** von dem **Ruhepuncte** zu berechnen. Ist die **Richtung** entweder der **Kraft** oder der **Last** auf den Arm eines Hebels **senkrecht**, als wie Fig. 18. 19. Taf. I.: so ist die **Länge** des Armes offenbar das **Maß** der Entfernung vom Untersatze. Allein, es ist möglich, daß die Richtungen der Kräfte auf den Hebelarm schief wirken, als wie Fig. 20. Taf. I. — In diesem Falle zieht man von dem Ruhepuncte senkrechte

Linien C*m*, C*n* auf die Richtungen der Kräfte D P und *dp*, die man bis *n* verlängert: diese senkrecht gezogene Linien C*m* und C*n* geben das Maß für die Entfernung der Kräfte von dem Ruhepuncte. **Beweis.** In allen Puncten der Directionslinien P D und *p d* + *d n* wirken die Kräfte gleich: also bei *m* wie bei D, und bei *n* wie bei *d*. Nun sind aber die Kräfte bei *m* und *n* an der Linie *m* C *n* **senkrecht** angebracht: es ist also das Maß für die Entfernung der Potenz P vom Ruhepuncte C die Linie C*m*, und für die Last *p* die Linie C*n*: und im Gleichgewichte verhält sich P : *p* = C*n* : C*m*.

* Diesem zufolge werden bei **Hebeln** die **Entfernungen der Kräfte** vom **Ruhepuncte** durchgehens durch **Linien** gemessen, die auf die **Richtungen** derselben **vertical** stehen.

** Aus gleichem Grunde ist auch an dem **gebrochenen Hebel** (**Winkel-Hebel**) das Maß des Abstandes der Kraft P (Fig. 21. Taf. I.) = der Linie C*m*, welche auf die Richtung D*m* **senkrecht** gezogen ist.

*** An den sogenannten **Hebelmaschinen** werden die aufgestellten Lehren durch Experimente versinnlicht.

101.

Die Kunst fügt mehrere ungleicharmige Hebel zusammen (Fig. 22. Taf. I.), so, daß die Kraft des ersten bei *a*, im zweiten als Last wirkt; die Kraft des zweiten am dritten Last ist u. s. w. Ein solcher Hebel wird genennt ein zusammengesetzter.

Im zusammengesetzten Hebel gelten die Gesetze der einfachen; denn die Summe der einfachen geben in ihrer Verbindung die zusammengesetzten, woraus folgt:

I. Man findet die Kraft, welche im zusammengesetzten Hebel der Last das Gleichgewicht hält, wenn man jeden Hebel von unten herauf besonders betrachtet, für den ersten die Kraft nach $P : p = d : D$ sucht, die gefundene Kraft des ersten auf den zweiten als Last bezieht u. s. w. Es sei z. B. die Last $= 1$; in der doppelten Entfernung bei *a* hält ihr die Kraft $= \frac{1}{2}$ das Gleichgewicht. Im zweiten Hebel ist dieses $\frac{1}{2}$ die Last; diese Last wird bei *b* im doppelten Abstande wieder von einer halb so grossen Kraft $= \frac{1}{4}$ im Gleichgewichte erhalten. Im dritten Hebel ist nun dieses $\frac{1}{4}$ die Last, und wird bei *d* im doppelten Abstande von einer halb

so

so grossen Kraft = $\frac{1}{8}$ getragen. Im vierten Hebel ist dieses $\frac{1}{8}$ die Last, und wird im doppelten Abstande bei o von der Hälfte Kraft = $\frac{1}{16}$ im Gleichgewichte gehalten. In einem zusammengesetzten Hebel aus vier einfachen, an denen die Kraft in doppelter Entfernung vom Ruhepuncte wirkt, hält also die Kraft = 1 einer Last = 16 das Gleichgewicht. —

II. **Allgemein. In einem zusammengesetzten Hebel ist die Kraft mit der Last im Gleichgewichte, wenn sich jene zu dieser verhält, wie das Product aller Abstände der Last vom Ruhepuncte zu dem Producte aller Abstände der Kraft vom Ruhepuncte:** Hier also (Fig. 22.) P : p = 1 × 1 × 1 × 1 : 2 × 2 × 2 × 2 = 1 : 16.

102.

Man löset sich aus den aufgestellten Lehren vom Hebel allgemein die Aufgabe: „wie viel Kraft erfordert werde, jeder gegebenen Last mittelst eines Hebels das Gleichgewicht zu halten?“ Nemlich, im Gleichgewichte ist durchweg P D = p d: also P = $\frac{p\,d}{D}$; welches dann die Formel ist, die die Kraft ausdrückt,

die jeder gegebenen Last an irgend einem Hebel das Gleichgewicht hält. — Es ergeben sich auch aus dem Vorhergehenden folgende

103.

Erklärungen. 1. Wird ein **ungleicharmiger Hebel erster Art** gesetzt, an dessen kürzerem Arme die Last möglich nahe an den Ruhepunct hingerückt, die Kraft aber von demselben durch einen sehr langen Arm entfernt wird: so kann eine ganz kleine Kraft eine überaus grosse Last heben; woraus die Zuversicht des **Archimedes** zu deuten: „da mihi figere pedem et terram mouebo“.

2. Ein **Nagel**, der in einem Brette steckt, und von einem angehängten Gewichte = 1000 Pfund nicht bewegt wird, kann mittelst eines Hammers, der an einem Ende gespalten ist, und einen etwas langen Stiel hat (durch diesen Winkelhebel), ohne Schwierigkeit herausgezogen werden.

3. Ist ein **Messer** an seinem Ende am Tische fest, und um eine Axe beweglich gemacht: so schneidet die Hand (die Kraft) das Brod (die Last) um so viel leichter, je näher das Brod

an die Axe (an den Ruhepunct) gelegt, und die Hand zu äusserst an der etwas langen Handhabe angebracht wird. Nach demselben Gesetze des Hebels zweiter Art wirken die **Ruder** eines Schiffes, an deren Einem Ende das Wasser (Unterstützungspunct), an deren anderem die Hand (die Kraft), und an deren Mitte das Schiff (die Last) ist. — Eine **Zimmerthür**, einen Deckel u. d. gl. öffnet man um so leichter, als weiter aussen — in der Entfernung von den Angeln (vom Ruhepuncte), sie angefaßt werden. U. s. w.

4. **Scheeren**, Zangen u. d. gl. sind Hebelmaschinen, zusammengesetzt aus zwei Hebeln, deren gemeinschaftlicher Bewegungspunct in dem Nagel angelegt ist. Je länger die Handhaben einer Scheere, Zange u. d. gl. (die Hebelarme) sind, an denen die Kraft (die Hand) angelegt wird, und je näher sich der zuschneidende oder zuhaltende Körper (die Last) an der Axe (am Nagel) sich befindet, desto stärker wirkt die Scheere, die Zange u. d. gl. Darnach sind auch wirklich die **Papierscheeren**, **Tuchscheeren**, **Blechscheeren** u. s. w. gebaut, so wie die **Zängchen der Uhrmacher**, die Zangen der Schmiede u. s. w. eingerichtet.

5. Die Schaufeln, die Kohlenzangen, die Schaafscheeren u. d. gl. sind Hebel der dritten Art, und die Wirkung derselben ist dem Gesetze dieser Hebel ganz gemäß.

6. Ein Knabe kann mit einem starken Manne eine grosse Last an einer Stange tragen, wenn diese von dem Knaben weit entfernt, und dem Manne sehr nahe gerückt wird. — Die Kunstgriffe, mit Vortheile ein Messer, ein Schwert, einen Hammer u. s. w. zu gebrauchen, beruhen ebenmässig auf den Hebelgesetzen. U. s. w.

* In der Anwendung ist ein Hebel als Wage von grossem Nutzen: davon nun ausführlich.

104.

Von der Wage.

1. Die Wage (Bilanx) ist eine Maschine, welche dient, zwei Körper so in das Gleichgewicht zu setzen, daß man aus dem bekannten Gewichte des einen, das unbekannte des andern bestimmen kann.

2. Man unterscheidet an einer Wage (Fig. 23. Taf. I.) den Balken (das Joch, jugum) AB, die Arme AC, BC, die Zunge *bd* (index — ein

— ein Stängchen, das auf dem Wagbalken zwischen der Scheere oder Zange vertical steht); den **Mittelpunct** des Balkens *c*, den **Unterstützungspunct** *d*, den **Schwerpunct** *a*, und die Schaalen *m*, *n*.

3. Die Arme einer Wage können nicht nur gleich, wie Fig. 23., sondern auch ungleich sein, wie Fig. 24. Die Wage mit gleichen Armen ist die **gemeine**, die **Schaalwage**, **Kramerwage**; die mit ungleichen Armen wird genennt die **römische**, die **Schnellwage** (statera romana).

105.

Die gemeine Wage ist, wie es aus ihrer Construction erhellet, ein **gleicharmiger Hebel**, an dem die Gewichte, wie Kraft und Last, nach dem Gesetze $PD = pd$ wirken.

1. Ist der **Schwerpunct** durch die **Unterlage unterstützt**, so werden **gleiche Gewichte in gleichen Entfernungen** von derselben im **Gleichgewichte** sein.

106.

Die **Absicht** einer Wage ist (nach 104.), 1. daß bei gleichen Gewichten der Wagbalke eine hori-

rizontale (wagrechte) Lage habe; bei der geringsten Ungleichheit der Gewichte aber diese Lage verlasse, und unter einem Winkel (Ausschlag), im Verhältniß des Uebergewichtes, stillstehe. Zu diesem Ende

1. müssen die Schaalen mit ihren Schnüren oder Ketten gleich schwer sein (105).

2. Die Aufhängspuncte der Schaalen müssen mit dem Mittelpuncte des Balkens *c* in einer Linie liegen, und von dem Unterstützungspuncte vollkommen gleiche Entfernungen haben (105).

3. Der Aufhängspunct muß über dem Schwerpuncte stehen; denn gienge jener durch diesen, so bliebe der Balken bei der Gleichheit der Gewichte in jeder Lage ruhend, weil in jeder PD = *pd* ist; bei der Ungleichheit der Gewichte würde der Wagbalken gar umschlagen, denn in diesem Falle rückt der Schwerpunct des Ganzen auf die Seite des grössern Gewichtes, und wäre sofern nicht mehr unterstützt: — aus dem nemlichen Grunde schlüge der Balken bei seiner geringsten Neigung um, wenn der Schwerpunct über dem Aufhängspuncte zu stehen käme.

4. Die Wage muß empfindlich, d. i. leicht beweglich sein, daß sie jedes kleine Uebergewicht durch den Ausschlag der Zunge andeutet.

* Die

* Die **Beweglichkeit, Empfindlichkeit** der Wage wird dadurch erhalten, 1. daß die **Zapfen**, die in gehöriger Entfernung über dem Schwerpuncte durch den Balken gehen, sich in **abgeschärfte Schneiden** enden, und in den Pfannen (Zapfenlagern) sich nur auf ihrer Schärfe hin und her wiegen (73. 2.); 2. daß die Pfannen und Schärfen gut und gleich gehärtet sind, damit diese nicht einschneiden, und sich nicht leicht abnutzen; 3. daß man die Wage mit Balken, Ketten oder Stricken und Schaalen so **leicht** baue, als es nur immer mit ihrer **Festigkeit** bestehen kann; 4. daß man auch die Aufhängspuncte der Schaalen zuschärfe; 5. daß man den **Unterstützungspunct** nicht viel über den Schwerpunct setze. —

** Der **Grad der Empfindlichkeit** ist nach dem Zwecke der Wage zu bestimmen. Eine **Kramerwage** ist hinlänglich empfindlich, wenn sie bei dem Uebergewichte eines **halben Quentchens** den Ausschlag gibt: bei Wagen dieser Art darf daher der Unterstützungspunct schon merklich über dem Schwerpuncte liegen (nach 106. 3.). — **Goldwagen** müssen halbe und **Viertels-Grane, Probirwagen** Zehntheile der Grane durch den Ausschlag anzeigen.

*** Von

*** Von Leupold's Universalwage, von der Probirwage Hauff's u. a., von den Handgriffen bei dem Wägen u. d. gl. in den Experimental = Collegien.

107.

1. Die Schnellwage ist ein **ungleicharmiger Hebel** (Fig. 24. Taf. I.), an dessen **kürzerem** Arme die **Last**, am **längern** die **Kraft** angebracht ist.

2. Hängt man an den **kürzern** Arm das **bekannte** Gewicht (die **Last**), an den **längern** das **bekannte** (die **Kraft**): so kann nach der Formel $P : p = d : D$, ein **kleines Gewicht** einem **grössern** die Wage halten.

3. Die Schnellwage gibt daher den **Vortheil**, daß man **verschiedene Lasten** mit dem **nemlichen** Gewichte, das am längern Arme **verschiebbar** — ein **Läufer** (cursor) ist, wägen kann.

* Bei den **Arabern** wird von der Form eines Granatapfels her der Läufer **Romman** genennt, wovon der Beiname „romana" — statera seine Abstammung haben soll.

** Es gibt Schnellwagen, an denen die **Unterlage** verschoben, und dadurch die Kraft in beliebige Entfernung vom Ruhepuncte gestellt werden kann u. s. w.

108.

Eine Schnellwage wird ihrem Begriffe gemäß (107.) von zweckmässiger Einrichtung sein, wenn nicht nur die Bewegungspuncte der Zapfen des Balken, und der Aufhängspuncte der Gewichte zugeschärft sind (106.*), sondern eine gleiche Schärfe über den ganzen längern Arm, worauf sich der Läufer bewegt, hingeht, wenn der lange Arm auf den kürzern äquirt — mit ihm gleichgewichtig ist, und der längere Arm eine solche Eintheilung hat, daß seine Theile dem Abstande der Last von dem Unterstützungspuncte vollkommen gleich sind.

* Die Schnellwage wird meistens bei Abwägung grosser Lasten mit Ersparniß der Gegengewichte gebraucht. Zu diesem Ende ist es nöthig, daß die Balken, Zapfen, Hacken, Ketten u. d. gl. die gehörige Stärke haben; Werkzeuge in Bereitschaft sind, die dienen, die Lasten anzuhängen u. d. gl. — Hier von der grossen Heuwage in Leipzig von Leupold (Theatr. stat. vniuers. p. I.) mündlich, unter Vorzeigung der Kupfer.

** Die Reibung der Balkenzapfen ist an der Schnellwage verhältnißmässig geringer, als an der Kramerwage. Denn der Unterstützungspunct wird dabei weniger belastet; z. B. wägt

man

man 50 Pfund an einer **Kramerwage**, so werden wegen des gleichen Gegengewichtes die Balkenzapfen gedrückt = 100 Pfund. Hält hingegen an einer Schnellwage 1 Pfund mit 50 Pfund das Gleichgewicht, so ist der Druck auf die Zapfen nur = 51 Pfund. U. s. w.

109.

Wir kennen falsche **Wagen**: die Habsucht hat sie erdacht. Man verfertigt nemlich Arme von ungleicher Länge, bringt die verkäufliche Masse an die Schaale des kürzern, und maskirt das Falsche mit dem grössern Gewichte derselben. — Die Verwechselung der Schaalen entdeckt natürlich sogleich den Betrug (105.).

Eine Wage, deren Arme ungleich sind, einer aber um so viel gewichtiger, als der andere länger ist, gehört zu den falschen Wagen. Wenn nemlich der Verkäufer das zu Wägende in die Schaale des längern Armes legt, so hält es dem Gegengewichte, obgleich von geringerer Masse, das Gleichgewicht, und der Käufer nimmt Schaden. Diese Art Wagen sind versteckte Schnellwagen (107.2.). — Nur das Messen der Entfernungen der Aufhängspuncte vom

vom Unterstützungspuncte entdeckt hier den Betrug. U. s. w.

* Eine ächte Wage würde unrichtige Ausschläge geben, wenn sich ein Arm beugte; denn dadurch würden die Entfernungen der Gewichte ungleich: dasselbe würde geschehen, wenn man in einer Schaale einen heißen Körper wägen, und dieser einen Arm ausdehnen würde. —

** Federwagen sind Werkzeuge, woran eine Stahlfeder durch ein Gewicht zusammengedrückt, und an dem Grade der Zusammendrückung, den eine Scale anzeigt, die Grösse des Gewichtes angegeben wird. Die Federwagen haben demnach kein statisches Moment; beruhen blos auf einer Qualität der Körper, die erst noch durch äussere Einflüsse, z. B. durch Wärme und Kälte mancherlei Aenderung leidet, und daher bei dem Abwägen unzuverläßig sind.

*** Die Gewichte, deren man sich bei dem Wägen bedient, beziehen sich auf das Pfund (libra): die Grösse des Pfundes ist aber willkührlich, und deßwegen sehr verschieden. — Das Pfund aus 32 Loth, deren jedes in 4 Quentchen getheilt wird, ist das gemeine, bürgerliche oder Kramer-Gewicht.

Das

Das Kölnische Pfund macht ungefähr den 65 Theil von dem Gewichte eines rheinländischen Cubicschuhes Wasser aus, und wird abgetheilt in 2 Mark; die Mark in 8 Loth; das Loth in 4 Quentchen; das Quentchen in 4 Pfenningsgewichte. Das Pfenningsgewicht theilt man ferner in 256 Theile, deren einer ein Richtpfenningstheil genennt wird: 13 9/10 Richtpfenningstheile geben eine As, und 65536 die Mark.

In der Physik und Chemie ist das Apotheker- oder Medicinal-Gewicht sehr üblich, dasselbe ist auch in Deutschland überall gleich. Diesem Gewichte liegt eine Unze zum Grunde, die etwas schwerer ist, als die Unze des Kölnischen Markgewichtes. Die Medicinal-Unze verhält sich zu der Kölnischen = 66949 : 65536. Zwölf solche Unzen machen ein Pfund. Die Unze wird in 8 Drachmen; die Drachme in 3 Scrupel; der Scrupel in 20 Gran getheilt.

Die Franzosen bedienen sich bald ihres alten, bald ihres neuen Gewichtes: ich füge diese Gewichte, die in den französischen Schriften physikalischen Inhaltes vielfältig vorkommen, hier an:

Neues französisches Gewicht.		altes Pfund	Unzen	Gros	Gräns
Myriogramm	gleicht	20	7	o	58
Kilogramm d. i. das Gewicht eines cubischen Decimeters von destillirtem Wasser im luftleeren Raume bei o Grad Temperatur	=	2	o	5	49
Hectogramm	=	—	3	2	12,1
Decogramm	=	—	—	2	44,41
Gramm d. i. das Gewicht eines cubischen Centimeters Wasser unter obigen Bestimmungen	=	—	—	—	18,841
Decigramm	=	—	—	—	1,884
Centigramm	=	—	—	—	0,184
Milligramm d. i. das Gewicht eines cubischen Millimeters Wasser unter obigen Bestimmungen	=	—	—	—	0,019

Gold und Silber haben ihr eigenes Gewicht — das Mark-Gewicht. Die Mark Goldes hält 24 Carat; eine Carat 4 Gran, ein Gran 3 Grän (Green): mithin die Mark 288 Grän. — Eine Mark Silbers hat 16 Loth; 1 Loth 16 Pfenning: mithin eine Mark 256 Pfenning.

**** Aus den Hebeln, von denen wir bisher gehandelt haben, bilden sich zunächst

die Rolle

und das Rad an der Welle.

110.

Von der Rolle.

Erklärungen. 1. Eine runde Scheibe, welche um eine Axe beweglich ist, und an ihrer Peripherie einen Einschnitt hat, in welchem ein Seil geht, heißt Rolle.

2. Hat die Rolle nur eine Bewegung um ihre Axe — Polzen (welches der Fall ist, wenn das Seil oben um die Rolle liegt): so nennt man sie fest; hat sie aber, ausser ihrer Bewegung um die Axe, noch eine andere: so wird die Rolle los, beweglich genennt.

3. An einem Ende des Seiles, das um eine Rolle geht, wird die Kraft, an dem andern die Last angebracht.

III.

1. Lehrsatz. An einer festen Rolle (Fig. 25. Taf. I.) erhält man das Gleichgewicht, wenn die Kraft der Last gleich ist. **Beweis.** Die feste Rolle ist ein Hebel erster Art, dessen Mittelpunct C der Unterstützungspunct, mithin CD (ein Radius der Scheibe) gleich ist C*d* (einem andern Radius): bei D wirkt die Kraft P, bei *d* die Last *p*: das Gleichgewicht erhält man daher, wenn die Kraft der Last gleich, P = *p* ist (99.).

I. Durch die Rolle **vermehrt** sich daher das statische Moment auf Seite der Kraft **nicht**: die Kraft muß hier immer so groß, als die Last sein.

* Diese Rolle gewährt indeß in der Mechanik doch **Vortheile**: der Mensch kann durch sie seiner Kraft eine **vortheilhafte Richtung** geben; er kann auf das Seil nicht nur seine **Muscelkraft**, sondern auch das **Gewicht** seines Leibes wirken lassen u. s. w. Weil sich die Rolle dreht, so dient sie bei dem Gebrauche der Stricke durchgehens zur **Verminderung der Reibung** (73. 5.). Es kann die Kraft ohne Verlust schief, z. B. nach P*m* angewandt werden, weil sie unter jeder Richtung auf den Radius der Rolle vertical wirkt. U. s. w.

112.

2. Lehrsatz. An einer beweglichen Rolle, woran das Seil unten herumgeht (Fig. 26. Taf. I.), hält der Last = 1 eine Kraft = $\frac{1}{2}$ das Gleichgewicht. **Beweis.** Die bewegliche Rolle ist ein Hebel der zweiten Art, dessen Unterlage bei C, die Kraft bei D, und die Last zwischen dieser und jener in der Mitte, bei *d* angebracht ist: nun verhält sich aber in einem solchen Hebel die Kraft zur Last, als wie die Entfernung der Last vom Unterstützungspuncte (hier = C*d*) zur Entfernung der Kraft von demselben (hier = CD): das ist, wie der Radius zum Durchmesser, also = 1 : 2: folglich hält der Last = 1 eine Kraft = $\frac{1}{2}$ das Gleichgewicht.

* Es ward gesetzt, daß die Kraft auf den Hebel CD in der Richtung PD, d. i. vertical wirke. Wird die Richtung schief = A*m* angenommen, so ist nach dem Obigen (100.) auf die Richtungslinie A*m* eine senkrechte C*m* zu ziehen, und diese für die wahre Entfernung der Kraft vom Unterstützungspuncte anzusehen. Das Gleichgewicht findet sich auch wirklich, wenn sich P zu *p* verhält = *d*C : *m*C.

113.

Werden mehrere Rollen, wie Fig. 27. Taf. I. verbunden, von denen nur eine fest ist, jede andere mit ihrer Schnur auf einer Seite an einem Balken, auf der andern an einer Rolle hängt: so hält bei 4 beweglichen Rollen der Last = 1 eine Kraft = $\frac{1}{16}$ das Gleichgewicht. — Diese Maschine gleicht der eines zusammengesetzten Hebels (Fig. 22. Taf. I.), und ist nichts anders, als eine Reihe ungleicharmiger Hebel, an deren unterstem die Last $p = 1$, bei f in einer Entfernung vom Unterstützungspuncte C = 1 angebracht ist. Dieser Last = 1 hält im doppelten Abstande von C, bei a eine Kraft = $\frac{1}{2}$ das Gleichgewicht: dieses $\frac{1}{2}$ ist Last an der zweiten Rolle, und wird bei b wieder mit der Hälfte Kraft = $\frac{1}{4}$ gehalten: dieses $\frac{1}{4}$ ist Last in der dritten Rolle, und wird bei c mit der Hälfte Kraft = $\frac{1}{8}$ getragen: dieses $\frac{1}{8}$ ist endlich Last an der vierten Rolle, welche abermal von der Hälfte Kraft = $\frac{1}{16}$ gehalten wird.

I. Da die Zusammensetzung von Rollen dieser Art, ganz dem Gesetze des zusammengesetzten Hebels unterliegt (101.), so ist allgemein die Kraft demselben gemäß zu suchen. Man

betrachtet jede Rolle von unten herauf besonders, sucht für die erste nach der Formel P : p = d : D die Kraft; bezieht die gefundene Kraft auf die zweite Rolle als Last u. s. w.

* Diese Rollenverbindung verschafft, wie es erhellet, der Kraft grosse Vortheile; allein, sie nimmt viel Raum ein, und hebt die Last nicht hoch: man gab daher der Verbindung mehrerer Rollen eine andere Form, die man heißt Flaschenzug (polyspastus).

114.

1. Faßt man mehrere Rollen, die um ihre Axe beweglich sind, in ein Gehäuse a, b (Fig. 28. Taf. I.): so wird dasselbe Flasche oder Kloben genennt.

2. Die Vereinigung zweier Kloben a und b mittelst eines Seiles, deren einer a unbeweglich, der andere b beweglich ist, heißt ein Flaschenzug.

3. Dasselbe Seil schlingt sich um alle Rollen des Flaschenzuges so, daß an einem Ende desselben die Kraft P angebracht, das andere Ende aber an dem einen Kloben angebunden wird.

4. Die unbewegliche Rolle macht man an einem Hacken fest, und die Last wird an der beweglichen Rolle angehängt.

5. Die

5. Die Durchmesser der Rollen sind ungleich, und so gestellt, daß die Seile parallel laufen.

115.

Lehrsatz. Im Gleichgewichte verhält sich bei dem Flaschenzuge die Kraft zur Last, wie 1 zur doppelten Anzahl der beweglichen (untern) Rollen. **Beweis.** Durch die beweglichen Rollen wird die Kraft von dem Ruhepuncte immer = 2 entfernt (112.): in Verbindung mehrerer beweglichen Rollen wächst also der Kraft ein Vortheil zu, der gleich ist 2 multiplicirt mit der Anzahl der beweglichen Rollen, oder: im Gleichgewichte verhält sich bei dem Flaschenzuge die Kraft zur Last, wie 1 zur doppelten Anzahl der Rollen.

I. Im Flaschenzuge hat also das allgemeine Gesetz des Verhältnisses der Kräfte, wie ihre Entfernung von der Unterlage statt: $P : p = d = 1 : D = 2\,N$ (die doppelte Anzahl der Rollen).

II. Man findet daher die Kraft, welche in einem gegebenen Flaschenzuge der Last das Gleichgewicht halten soll, nach der Formel $P = \frac{p}{2N}$.

116.

Das eben aufgestellte Gesetz gilt indeß nur für die Fälle, wo die Schnur, nicht wie Fig. 28. Taf. I. am untern, sondern am obern unbeweglichen Kloben angeknüpft ist. Ausser man bringt den Hacken *d*, als halbe Rolle in Anschlag und Rechnung. In diesem Falle nemlich (Fig. 28.) spannt die Last 5 Seile, und im Gleichgewichte jedes gleich, mithin jedes mit $\frac{1}{5}$ des Ganzen der Last: die Kraft hält daher der Last das Gleichgewicht, wenn sie zu dieser ist = 1 : 5. Da nun allgemein die Last, an den Seilen hängend, jedes derselben mit einer Kraft spannt, die der Anzahl der Seile proportionirt ist, so gilt für den Flaschenzug als allgemeines Gesetz: Wenn die Kraft sich zur Last verhält, wie 1 zur Anzahl der Seile = *n*, an denen der untere Kloben hängt, so sind beide im Gleichgewichte.

I. Die Formel $P = \frac{p}{n}$ gibt demnach allgemein die Kraft an, welche am Flaschenzuge erfordert wird, um der angehängten Last die Wage zu halten. Diesem zufolge hält im Flaschenzuge Fig. 28. eine Kraft = 10 einer Last = 50 das Gleichgewicht. — Das Ganze trägt der Hacken, an dem der Flaschenzug aufgehängt ist.

II.

II. Je mehr Rollen im Flaschenzuge sind (115.), oder: je mehr Seile die Last spannt, desto kleiner darf die Kraft sein, um eine gegebene Last zu halten. — Aber dann zeigt sich auffallend, daß sich die Vortheile der Kraft und der Zeit nicht vereinen lassen (92.**), sondern daß das, was an Kraft gewonnen wird, an Zeit (oder Raum) wieder verloren geht. Soll die Last durch den Flaschenzug (Fig. 28.) um 1 Schuh gehoben werden, so muß sich jedes Seil, das von ihr gespannt wird, um 1 Schuh — mithin das Ganze der Seile um 5 Schuh verkürzen: die Kraft also, welche die Last 1 Schuh hebt, muß 5 Schuh weit in derselben Zeit fortgehen.

* Hier stossen wir auf das oben aufgestellte allgemeine Hebelgesetz (97.*) und dessen Grund:

daß die Kraft in dem Verhältnisse der Entfernung von dem Ruhepuncte wächst, weil in diesem Verhältnisse der Raum, den die Kraft durchläuft, zunimmt:

woraus dann auch erkannt wird,

daß an Zeit verloren geht, was an Kraft gewonnen wird.

** Es wird bei dem, was wir bisher von dem Flaschenzuge lehrten, von allen Hindernis-

nissen der Bewegung abstrahirt, nemlich von denen der Reibung, der Steifheit der Stricke u. d. gl. Auch ward voraus gesetzt, daß alle Seile vertical wirken, mithin unter einander parallel gehen, dessen Gegentheil eben auch das Verhältniß ändern müßte (100.). — Allein, würden die Seile vollkommen parallel sein, so würden sie sich berühren, und neue Reibungen veranlassen: um dieses zu verhüten, müssen die mittlern Rollen etwas kleiner gemacht, aber dadurch die Seile etwas schief gestellt werden. Das gegebene Gesetz kann daher keine volle Anwendung haben. — Leupold schlägt zur Vermeidung des letzten, immer nur kleinen Fehlers, vor, die Rollen in den Kloben nebeneinander zu setzen; allein, der Erfolg lehrt, daß das Reiben und die Steife der Stricke noch weit grössere Abweichungen von dem Gesetze, als die nicht ganz genaue parallele Lage der Seile, hervorbringen.

*** Mehrere andere Verbindungen der Rollen im Flaschenzuge findet man bei Leupold (Theatr. machin.).

117.

Aus Vergleichung der Wirkung des Flaschenzuges, von dem wir eben gehandelt haben, mit

der

der hebelartigen Rollenverbindung, von der oben (113.) die Rede war, ergibt sich, daß die letztere bei derselben Anzahl von Rollen, der Kraft weit mehr Vortheile zubringe, als es der Flaschenzug nicht vermag. Die Physik wird gefragt: woher dieser Unterschied? — Im Flaschenzuge werden alle Seile gleich gespannt, sobald Kraft und Last im Gleichgewichte sind (116.): die Summe dieser Spannungen ist = der Last; oder: die Spannung eines der Seile multiplicirt mit deren Anzahl gleicht der Last: es verhält sich daher bei vier beweglichen Rollen, die an 8 Seilen hängen, die Kraft zur Last = 1 : 8. Hingegen hängt (Fig. 27.) jede Rolle an einem eigenen Seile, und da fällt die Spannung, welche der Last das Gleichgewicht hält, auf das Seil, das um die Rolle geht, und nimmt dann, wie der Augenschein lehret, im geometrischen Verhältnisse 8 : 4 : 2 : 1 ab.

* Alle diese Lehren werden in dem Experimental-Collegium an den Rollenmaschinen dargestellt.

** Manchmal wird eine grosse Rolle (man nennt sie ein Rad) mit einer kleinen, durch eine Schnur, die sich um beide schlingt, so in

Verbindung gesetzt, daß das grosse Rad bewegt auch das kleine in Bewegung setzt: eine solche Vorrichtung heißt Maschine mit der Schnur ohne Ende. Sie verschafft dem kleinen Rade (der Last) grosse Geschwindigkeit (eine schnelle Drehung), indem es bei Einer Umdrehung des grossen Rades so vielmale umgeht, als oft sein Umfang in dem Umfange des grossen Rades enthalten ist. Die Kraft (die bewegende Hand) greift entweder unmittelbar in die Radien (Speichen) des grossen Rades ein, wie bei dem grossen Wollspinnrade, oder dreht dasselbe durch eine Kurbel, wie an der Elektrisirmaschine u. d. gl.

118.

Von dem Rade an der Welle.

Erklärungen. 1. Ein um ihre Axe bewegliche Welle, durch welche eine oder mehrere Hebelstangen durchgesteckt (als Stralen eines Rades angebracht) sind, wird **Rad an der Welle** genennt (Fig. 29. Taf. I.).

2. Die Welle (Wellbaum) steht entweder auf dem Horizon senkrecht, und heißt Radwinde, Göpel (ergata), oder liegt mit demselben parallel, und wird Haspel (fucula) genennt.

3. Wird

3. Wird die Welle (der Cylinder) mit Handhaben (Kurbeln, Haspelhörnern), die an der Welle angebracht sind, in Bewegung gesetzt, so nennt man die Maschine Hornhaspel; werden aber durch die Axe kreuzweis Stangen gesteckt, Kreuzhaspel.

4. Die Kraft P wird an der Peripherie des Rades, oder an dem Ende einer Hebelstange (Fig. 29.), die Last *p*, mittelst eines Seiles, das sich an der Welle aufwickelt, an der Oberfläche der Welle bei *n* angebracht.

5. Die Kraft wird vertreten entweder von Menschen, oder Thieren, von dem Wasser, dem Winde u. d. gl.; und die Maschine kann so gebaut werden, daß Menschen oder Thiere innerhalb des Rades herumgehen, oder von Aussen darauf treten können; jene wird Laufrad, diese Tretrad genennt.

6. Das Rad ist entweder unbeweglich, oder auf jede beliebige Seite wendbar; in dem letztern Falle gibt man ihm den Namen „Krahn", Kranich (granium, grus), wobei dann gewöhnlich das Seil über Rollen, die an einem schief hervorgehenden Balken (Schnabel) befestigt sind, hingeleitet, und die Welle mit einem Tretrade versehen wird.

7. Rä-

7. Räder werden an ihrem Umfange zu gewissen Zwecken mit Flügeln, oder Schaufeln und Kasten versehen; sie heissen daher Wind- und Wasser-Räder, weil an denselben der Wind und das Wasser als Kraft wirksam sind. Das Wasser ergießt sich auf die Wasserräder entweder von oben herab, und bewegt dadurch das Rad mit seinem Stosse in der Richtung des Flusses, oder dasselbe schlägt unten an die Radschaufeln an, und bewegt das Rad in einer dem Laufe des Flusses entgegengesetzten Richtung. Diesemnach werden die Wasserräder unterschieden in oberschlächtige (rotae directae) und in unterschlächtige (rotae retrogradae).

119.

Lehrsatz. Das Rad an der Welle ist ein ungleicharmiger Hebel, an dem die Last an der Peripherie der Welle, und die Kraft an der Peripherie des Rades angebracht ist; und da verhält sich dann nach dem Hebelgesetze (98.) die Kraft zur Last, wie der Halbmesser der Welle zum Halbmesser des Rades. Dieser Lehrsatz bedarf blos einer Erläuterung. C*d* (Fig. 30. Taf. I.) stelle den Durchschnitt einer Welle vor, um welches sich das Seil *de* auf-

win-

windet, und die Last *p* hebet. C*x* sei eine Hebelstange, die in die Welle eingesteckt ist, und bei ihrer Bewegung im Kreise die Circelfläche FG (das Rad) bildet. C drücke den gemeinschaftlichen Mittelpunct der Welle und des Rades (den Unterstützungspunct) aus. Bei *d*, an der Oberfläche der Welle, sei die Last, bei *x*, an der Oberfläche des Rades, sei die Kraft vertical wirkend angebracht. — Es ist augenscheinlich, C*x* sei ein Hebel zweiter Art, an dem bei C der Unterstützungspunct, bei *d* die Last, und bei *x* die Kraft ist: es verhält sich also im Gleichgewichte die Kraft zur Last, als wie C*d* : C*x*. Nun ist aber C*d* der Halbmesser der Welle, C*x* der Halbmesser des Rades: es verhält sich also bei dem Rade an der Welle im Gleichgewichte die Kraft zur Last, wie der Halbmesser der Welle zum Halbmesser des Rades.

I. Weil die Kreise unter sich, wie ihre Durchmesser sind, so kann das Gesetz auch so ausgesprochen werden: die Kraft verhält sich zur Last, wie der Umkreis der Welle zu dem Umkreise des Rades. Je grösser daher das Rad, und je kleiner der Umfang der Welle ist, desto mehr Vortheil geht der Kraft zu.

II.

II. Hängt die Last zwar senkrecht an der Welle, die Kraft wirkt aber schief auf den Halbmesser des Rades, so ist die Kraft mit der Last im Gleichgewichte, wenn sich jene zu dieser verhält, wie der Halbmesser der Welle zur senkrechten Linie, die aus dem Mittelpuncte des Rades auf die Richtungslinie der Kraft gezogen wird (100.).

* Wenn die Kraft in dem Maße abnimmt, in dem der Durchmesser des Rades zunimmt, so wird die Last immer auf dieselbe Weise von der Kraft im Gleichgewichte erhalten, und, wenn jene die Last überwiegt, immer auf dieselbe Weise bewegt. Dieses ist der Fall bei dem Schnecken einer Sackuhr. Weil die Spannung der Feder allmälig nachläßt, so bringt man ihre wirkende Kraft an einer Welle so an, daß ihr Umfang anfangs klein ist, und dann in dem Verhältnisse wächst, in welchem sich die Kraft der Feder abspannt.

120.

Die Vortheile der Kraft, welche das Rad an der Welle verschafft, sind aus demselben Princip, woraus die Vortheile eines ungleicharmigen Hebels erkannt werden (97.*), begreiflich. Während das Seil einmal umgewun-

den, mithin die Last um die Peripherie der Welle fortbewegt wird, muß die Kraft den ganzen Umfang des Rades durchlaufen: folglich verhält sich die Geschwindigkeit der Kraft zu der von Last, wie die Peripherie des Rades zu der Peripherie der Welle; es muß also die Kraft zur Last allgemein in dem nemlichen Verhältnisse stehen (119.).

I. Wenn demnach eine Kraft = 1 Pfund mit einer Last = 10 Pfund das Gleichgewicht hält, so muß bei der wirklichen Bewegung die Kraft durch 10 Schuh fortgehen, wenn die Last den Raum = 1 Schuh zurücklegen soll. Man verliert daher auch bei dieser Maschine an Geschwindigkeit eben so viel, als man an Kraft gewinnt (116.*).

121.

Bei dem **wirklichen Gebrauche** des Rades an der Welle erleiden die aufgestellten Gesetze manche **Einschränkung.** Es vereinigen sich hier die **Hindernisse der Reibung** in den Zapfenlagern, und der **Steifheit der Stricke.** Auch kann die ganze Kraft, welche gewöhnlich Menschen oder Thiere anwenden, nie an den Endepuncten der Hebelstangen — nach der

Tan-

Tangente des Rades angebracht werden, mithin nicht genau im Verhältnisse des Durchmessers des Rades wirken. Dieses fällt bei den Treträdern in die Augen: es stelle F G (Fig. 30. Taf. I.) ein Tretrad vor, wenn der Mensch (oder ein Thier — bei Pferd- und Ochsen-Mühlen) in *n* niedertritt, so ist die Richtungslinie seiner Kraft in der Linie *n m*, und wirkt dann so, als wenn sie in *m* angehängt wäre: seine Entfernung vom Unterstützungspuncte ist *m* C. Schreitet er vor bis zu dem Puncte *s*, so wird seine Richtungslinie *s o*; seine Entfernung also von dem Unterstützungspuncte *o* C; und seine Kraft wird sich zur Last verhalten = C *d* : C *o*: rückt der Treter bis *r* hin, so ist seine Richtungslinie *r q*; seine Entfernung von C = *q* C, und seine Kraft verhält sich zur Last = C *d* : C *q*. Nemlich, je weiter im Rade gegen *x* fortgeschritten wird, desto grösser wird die Kraft, weil in diesem Verhältnisse die **Entfernung** derselben vom Unterstützungspuncte wächst; allein *x*, der **Endpunct** des Radius, ist nie erreichbar. — Die Seile, die bei dieser Maschine gebraucht werden, sind gewöhnlich so dick, daß durch ihren Umschlag um die Welle dieser ihr Durchmesser vergrössert, mithin das Moment der Last wirklich

lich geändert wird. Weit beträchtlicher fällt diese Veränderung aus, wenn sich das Seil auf Seil legt — sich übereinander wickelt. — Bei den Rädern, deren Wellbaum horizontal liegt, sind die schiefen Richtungen der Kraft, und andern Ungleichheiten derselben unvermeidlich. — Wird die Maschine durch Kurbeln bewegt, so muß die Hand in einem Kreise gehen, und da ist es unmöglich, daß die Hand immer nach der Tangente drücket; auch wirkt die Hand abwärts kräftiger, als aufwärts und auf die Seiten. U. s. w.

* Das Rad an der Welle, bei dessen Bau und Behandlung man die eben berührten Hindernisse berücksichtigt, und ihnen möglichst Abbruch thut, ist immer eines der kräftigsten und bewährtesten Hebzeuge: dasselbe wird noch immer bei Errichtung der Gebäude, auf Schiffen u. d. gl. sehr gebraucht. Setzt man das Rad an der Welle mit dem Flaschenzuge in Verbindung, so ist keine Last so groß, die nicht dadurch bezwungen werden kann. Der ungeheure Obelisk, den Kaiser Caligula aus Egypten nach Rom führen ließ, wurde unter dem Papste Sixtus V. von Fontana mit solchen Hebzeugen aufgerichtet. U. s. w.

122.

Von der geneigten Ebene.

Ist eine Last über eine geneigte Ebene AC (Fig. 31. Taf. I.) zu bewegen, so ist die Richtung der Kraft

entweder = *m* E der Länge AC,

oder = *n* E der Grundlinie CB parallel.

Der erste Fall tritt ein, wenn eine Last über eine Fuhrmanns-Leiter zu bewegen ist; der zweite, wenn ein bewegliches Planum unter die Last E in der Richtung BC hineingeschoben wird.

123.

1. Lehrsatz. Die Kraft, welche auf eine Last in einer der Ebene parallelen Richtung wirket, und ihr die Wage halten soll, muß sich zu eben der Last verhalten, wie die Höhe AB zur Länge BC. Beweis. Eine Last, die auf einem Planum liegt, wird immer zum Theile unterstützt, und da darf dann die Kraft, die ihr das Gleichgewicht hält, nur der respectiven Gewalt entgegen wirken (26.). Nun verhält sich aber die respective Gewalt zu der absoluten, wie die Höhe zur Länge (27. II.): es muß sich also auch die Kraft, welche eine auf ein Planum gelegte Last halten soll, sich zu eben der Last verhalten, wie die Höhe zur Länge.

* Man ziehe von dem Schwerpuncte des Körpers E nach dem Puncte G (Fig. 31.), wo der Körper E die Ebene berührt, senkrecht die Linie EG. Dadurch bildet sich der Winkelhebel EG*d*, dessen Arme EG und G*d* sind, und deren Winkel sich auf G stützet. Die Kraft P ist an einem Ende E, und die Last *p* an dem andern *d* angebracht. In diesem Hebel verhält sich nun die Kraft zur Last = G *d* : GE (27.*). Das Dreieck EG*d* ist aber dem Dreiecke ABC ähnlich: also G *d* : GE = AB : AC. — Nemlich im Falle, daß eine Kraft eine auf ein Planum gelegte Last halten soll, verhält sich im Gleichgewichte die Kraft zur Last, wie die Höhe zur Länge.

I. Bei der Bewegung eines Körpers also über eine schiefe Ebene darf die Kraft, wenn sie der Ebene parallel wirkt, um so kleiner sein, je kleiner die Höhe bei derselben Länge, oder je grösser die Länge bei derselben Höhe ist.

* Experimente mit einem kleinen Wagen, mit Walzen u. d. gl., die man auf geneigte Ebenen bringt, und nach dem Verhältnisse der Höhe zur Länge Gewichte daran hängt, stellen dieses Gesetz dem Augenscheine dar. — Bewegungen der Lasten über die Wagen-

leiter, über Berge u. d. gl. bestätigen dasselbe. — Besteigen wir einen Hügel, oder gehen wir über eine Stiege u. d. gl., so verhält sich unser Körper als Last, und die Körpermusceln wirken als Kraft, die den Körper über das Planum zu heben hat. Aber auch hier lehrt die Erfahrung: je höher der Hügel im Verhältnisse seiner Länge, je steiler die Stiege u. d. gl., desto mehr Muscelkraft wird erfordert — desto früher ermüden wir. U. d. gl.

2. **Lehrsatz.** Wirkt die Kraft in die Last, welche auf einer schiefen Ebene liegt, in der Richtung mit der **Grundlinie parallel**: so verhält sich die Kraft zur Last, wie die Höhe A B zu der Grundlinie B C. **Beweis.** Man zieht auf *n* E senkrecht die Linie G *o*: es bildet sich ein Winkel-Hebel *o* G *d*, in welchem bei *o* die Kraft, bei *d* die Last wirket, daß also im Gleichgewichte P : *p* = G *d* : *o* G. Nun ist E *o* G ähnlich dem Dreiecke A B C: es ist also unter obiger Bedingung die Kraft zur Last, als wie die Höhe A B zur Grundlinie B C, weil in ähnlichen Dreiecken die ähnlich liegende Seiten einander proportional sind.

I. Je **kleiner** also die Höhe einer schiefen Ebene im Verhältnisse mit der Grundlinie ist,

ist, desto kleiner darf die Kraft sein, um einer gegebenen Last das Gleichgewicht zu halten, im Falle, daß auf die Last gewirkt wird in einer Richtung der Basis parallel.

* Auch dieses Gesetz wird in einer Vorrichtung mittelst der Gewichte anschaulich gemacht; — spricht sich aber besonders auffallend aus in dem Keile, und in der Schraube.

124.

Von dem Keile.

Erklärungen. 1. Wird eine schiefe Ebene gebraucht zur Bewegung — Trennung zusammenhängender Theile eines Körpers (zum Spalten, Klieben u. d. gl.): so erhält sie den Namen „Keil".

2. Bildet die schiefe Ebene ein rechtwinklichtes Prisma (Fig. 32. Taf. I.), so wird sie ein einfacher Keil genennt: der spitzige Theil D heißt die Schärfe des Keils, AB sein Rücken oder seine Höhe, BD eine Linie, welche auf dem Rücken vertical steht, ist die Länge des Keils.

3. Werden zwei einfache Keile in einer gemeinschaftlichen Basis verbunden, so geben sie einen doppelten Keil.

4. Die Kräfte, welche auf den Keil wirken, sind entweder ein Druck durch Gewichte, oder ein Stoß oder Schlag auf den Rücken des Keils. — Durch den Druck schneiden wir mit einem Keil (dem Messer) Brod, durch den Schlag klieben wir Holz u. s. w.

125.

Lehrsatz. Im Gleichgewichte verhält sich bei dem Gebrauche des Keils die Kraft zur Last, wie die Höhe AB zur Länge BD. **Beweis.** Der Keil ist eine schiefe Ebene, worinn die Kraft der Basis parallel wirkt (vorherg. 4.): in diesem Falle ist aber im Gleichgewichte P : p = AB : BD (123.): also verhält sich auch bei dem Keile im Gleichgewichte die Kraft zur Last, als wie die Höhe AB zur Basis BD.

I. Je kleiner also die Höhe AB im Verhältnisse mit der Grundlinie BD, oder: je spitziger der Keil ist, desto kräftiger wirkt er.

* Keile, die in Meißeln, Arten, Hobeln, Sägen, Gabeln, Nägeln u. d. gl. erscheinen, sind lauter Theilungsmaschinen. Der Zusammenhang wirkt der Keil-Kraftent gegen: die Grösse des Zusammenhanges, dieser Widerstand des Keils, ist aber wegen der Ungleich-

gleichartigkeit der Körper nicht leicht zu berechnen; auch reibt sich der Keil im Eindringen in die Körper sehr; und da läßt es schwer, die Kraft des Keils, welche zur Trennung nöthig ist, zu bestimmen. Woraus erklärbar ist die Ungleichheit der Resultate, die sich aus den hierüber angestellten Versuchen ergeben.

** Zähne der Raubthiere, Schnäbel und Klauen der Raubvögel sind Keile, die durch die Muscelkraft in das Fleisch anderer Thiere eingeschlagen werden, und dann im Verhältnisse ihrer Spitzigkeit eingreifen. Man hat bemerkt, daß die krummen Schnäbel und Klauen der Raubvögel, und die krummen Zähne der Raubthiere besonders tief eindringen. Die krummen Schnäbel, Klauen und Zähne sind Keile, deren Schärfe zwei krumme Linien einschließen; ein Winkel aber, den krumme Linien bilden, ist ungleich kleiner, als ein Winkel von zwei geraden Linien. Daher auch die Kraft der Scheermesser, die etwas eingebogen sind. — U. s. w.

*** Von den sogenannten Keilmaschinen, von ihrer mannigfachen Einrichtung, und vom Verfahren damit, in dem Experimental-Collegium.

126.

Von der Schraube.

Erklärungen. 1. Eine **Schraube** ist eine Welle, um die ein **Keil** (ein rechtwinklichtes Dreieck — eine schiefe Ebene) herumgelegt, oder daran eingeschnitten ist so, daß die Grundlinie BD sich in einen der Grundfläche parallelen Kreis umbiegt.

2. Eine Welle, um welche ein Keil herumgelegt ist, wird **Schrauben-Spindel**; die, in welche ein Keil eingeschnitten ist, **Schrauben-Mutter** genennt.

3. Jede Schraube hat **Erhabenheiten** und **Vertiefungen**; dieselben bilden parallele Furchen (Gänge, Gewinde, helices), daß die Erhabenheiten der Schraubenspindel in die Vertiefungen der Schraubenmutter (und diese in jene) einpassen, und sich darinn fortbewegen können.

4. Der Kreis, den der Umfang der Spindel bildet, heißt **Umkreis** der Schraube, und der Abstand eines Ganges von dem andern, die **Weite der Schraubengänge.**

5. Es kann die Schraubenspindel stehen, und sich die Schraubenmutter an derselben hinauf- oder herabbewegen; oder diese kann

stehen, und jene in dieser auf- oder nieder-steigen: daher der Ausdruck von stehenden und beweglichen Schrauben.

6. Die Schraube wird gebraucht, entweder eine Last niederzudrücken, oder in die Höhe zu heben: daher die Namen „Pressen- und Hebschrauben".

127.

Lehrsatz. Bei den Schrauben steht die Kraft mit der Last im Gleichgewichte, wenn sich jene zu dieser verhält, wie die **Weite** der Schraubengänge zum **Umkreise** der Welle. **Beweis.** Bei einer Schraube, die ein um einen Cylinder herumgelegter Keil ist, wirkt die Kraft, wie bei dem Keile, der **Basis parallel** (welches aus der Weise Schrauben zu bewegen, klar ist): es gilt also hier das **Gesetz des Keils** (oder des geneigten Planums für den Fall, wo die Kraft der Grundfläche desselben parallel wirkt): es verhält sich also im Gleichgewichte die Kraft zur Last, wie die Höhe zur Grundlinie (125.). Nun drückt aber die **Weite** der Schraubengänge die Höhe des Keils (des Planums), und die **Peripherie** der Welle, seine Basis aus: bei den Schrauben steht daher die Kraft mit der

Last im Gleichgewichte, wenn sich jene zu dieser verhält; wie die Weite der Schraubengänge zu dem Umkreise der Welle.

I. Je kleiner also die Abstände der Schraubengänge sind im Verhältnisse mit der Peripherie der Spindel, je geringere Kraft wird erfordert, der Last das Gleichgewicht zu halten — sie zu bewegen.

* Man bringt an der beweglichen Schraube gerne einen Hebel an (Fig. 34. Taf. I.), und verstärkt dadurch die Kraft. Indeß wird die Last nur um eine Gangweite gehoben, während die Kraft den Umfang der Spindel — und den Kreis der Hebelstange durchläuft; es verhalten sich daher auch hier die Räume, welche Kraft und Last in derselben Zeit beschreiben, umgekehrt wie Kraft und Last: es wird daher auch bei der Schraube so viel an Zeit verloren, als an Kraft gewonnen (120.): das Vorrücken der Schraube bei geringer Kraft, mithin bei sehr kleinen Weiten der Gänge ist auch kaum merklich. Die Mechanik macht aber dort, wo äusserst feine Bewegungen nöthig sind, z. B. bei einem grossen Sternrohr, bei einem Telescop mit Spiegeln u. d. gl. sehr vortheilhaft Gebrauch von der äusserst langsamen Bewegung sehr engegehender Schrauben. —

128.

Diese Lehren setzen indeß Vieles voraus, was in der That nicht so ist. Man stellt den Keil oder die schiefe Ebene, welche um eine Welle herumgelegt ist, der geraden Ebene des Keils gleich; allein, ein Keil kann nicht ohne Verzerrung seiner Theile um eine Welle gelegt werden — ein wirklicher Schraubengang kommt nicht der geraden Lage AD (Fig. 32.) eines Keils oder einer schiefen Ebene gleich; derselbe ist eine krumme Fläche, deren Theile verschiedene Neigungen zur Basis haben, und daher ein verschiedenes Verhältniß der Kraft zur Last begründen. — Die Reibung ist bei dieser Maschine, wegen der vielen Theile, die sich berühren, mit Ausnahme groß, und ihre Grösse vorzüglich schwer zu bestimmen. — Selten ist die Ausarbeitung der Schraubengänge ganz gleichförmig, und da fällt der Druck sehr ungleich auf die Theile. — U. s. w.

129.

Indeß hat diese Maschine, wenn sie stark und genau gearbeitet ist, grosse Brauchbarkeit, und sogar bei ihrer Unvollkommenheit einige Vorzüge. Es gibt kaum eine andere Maschine, die bei so

ge=

geringem Umfange, und bei so grosser Einfachheit so viel leistet, als die Schraube. Man hebt manchmal ganze Dächer, Stockwerke u. d. gl. auf, um darunter zu bauen. — Die grosse Reibung, die bei den Schrauben statt hat, bringt die Vortheile, daß sie auch tiefest eingedreht nicht zurückgeht, obgleich die Kraft, zu wirken, aufhört. Dieser Umstand kommt sehr zu statten bei dem Aufschrauben grosser Lasten, bei dem Pressen u. d. gl.

* Es werden Schrauben mit doppelten Gängen verfertigt, wie z. B. an der Druckerpresse. Durch diese Einrichtung wird die Last auf das Doppelte der Flächen übertragen, da leidet dann jeder Gang nur die Hälfte Druck, und die Presse wird mehr geschont. Da aber übrigens das Verhältniß der Gangweiten bleibt, so gewähret die Doppelschraube zu Gunsten der Kraft keine Vortheile. —

130.

Von mehr zusammengesetzten Maschinen.

Man suchte mehrere Wellen-Räder zu verbinden, und zwar so, daß durch eine solche Verbindung

das

das statische Moment der Kraft vermehrt, aber der Raum der Maschine nicht im gleichen Verhältnisse vergrössert werde;

und: es entstanden Räderwerke.

131.

Die Verbindung zweier oder mehrerer Räder, die nicht in Einer Welle sind, deren eine aber in die andere eingreift, und so mit ihrer Bewegung die Bewegung der andern bewirkt, heißen wir ein Räderwerk.

Das Eingreifen eines Rades in die Welle des andern so, daß jenes bewegt, auch diese in Bewegung setzt, ist nur möglich unter der Bedingung, daß am Umfange des Rades und der Welle Erhöhungen und Vertiefungen angebracht werden.

Die Erhöhungen und Vertiefungen im Rade heißen Zähne oder Schraubengänge, die an der Welle Getriebe (Stöcke, Trillinge).

Die Zähne sind entweder durch Auszackung der Peripherie des Rades entstanden, oder nahe an der Peripherie auf der Fläche eingesetzt: im ersten Falle wird das Rad Stern- oder Stirn-Rad, im andern Kamm- oder Kron-Rad genennt.

* Ich handle vorerst von der Verbindung zweier, hernach von der Verbindung mehrerer Well-Räder, und zwar namentlich:

Von der Winde (Fuhrmannswinde);
von der Schraube ohne Ende,
und von dem Räderwerke insbesondere.

132.

Von der Winde.

Man unterscheidet eine einfache und eine doppelte Fuhrmanns-Winde. Die einfache ist die gebräuchlichste. Bei dieser vertritt die Stelle des Rades eine bezähnte Stange, die man unter eine Last (unter ein Wagenrad, Axe ꝛc.) stemmt, und mittelst eines Getriebes, an dessen Welle sich eine Kurbel befindet, durch diese in die Höhe treibt.

In dieser Maschine wird die Kraft in dem Verhältnisse verstärkt, in welchem der Halbmesser des Getriebes und die Länge der Kurbel sich befinden (119.). — Uebertrift die Länge der Kurbel den Halbmesser des Getriebes um 10, so hebt die Winde das Zehnfache mit der Kraft = 1: mit 1 Centner 10 Centner.

* Die Kreuzwinde (eine Welle, worau die Hebelstangen ein Kreuz bilden), durch welche

che die Kolbenstange einer Luftpumpe bewegt wird, folgt demselben Gesetze. —

133.

Die doppelte Winde ist von der Einrichtung, daß das erste Getriebe, welches die Kurbel bewegt, in die Zähne eines Stirnrades greift, dessen Welle mit ihrem Getriebe die bezähnte Stange bewegt.

* Bei dieser Maschine hat die wirkliche Zusammensetzung zweier Räder statt, deren verstärkte Kraft nach dem allgemeinen Gesetze jeder Zusammensetzung von Rad-Wellen, das ich nachher aufstellen werde, zu berechnen ist.

134.

Von der Schraube ohne Ende.

Erklärungen. 1. Die Verbindung einer Schraube mit einem Stirnrade, an dessen Welle die Last durch ein Seil aufgewunden wird, heißt **Schraube ohne Ende** (cochlea infinita). — Fig. 35. Taf. I. —

2. Die Schraube besteht aus drei Gewinden, die mit dem Rade in einer Ebene liegen, und zwischen die Zähne sich einsenken, welche nach den Gewinden gestellt, und von derselben Höhe sind.

3. Die

3. Die Welle, um welche die Gewinde liegen, wird durch eine Kurbel bewegt.

4. Indem die Zähne des Rades immer wiederkehren, so kann die Drehung der Welle ohne Ende fortgesetzt werden: daher die Benennung „Schraube ohne Ende".

5. Läßt man das Stirnrad C wieder in ein Getriebe D eingreifen, und durch dieses wieder ein anderes Rad in Bewegung kommen u. s. w.: so wird die Maschine nur mehr zusammengesetzt.

135.

Die Schraube ohne Ende ist im Grunde eine Zusammensetzung zweier Wellen-Räder. In Beziehung auf die Schraube (erste Welle) wirkt die Kraft an der Kurbel P*b*, und in Beziehung auf die (zweite) Welle, um welche sich das Seil aufwindet, an der Peripherie des Rades. Die Last ist in Beziehung der Kurbel das Sternrad, und in Beziehung auf dieses, das Seil mit dem angehängten Gewichte.

* Es ist klar, daß die Kraft im Verhältnisse der Länge der Kurbel und der Grösse des Stirnrades verstärkt werde. Die Berechnung der Grösse dieser Kraft, so wie die an einer complicirten Zusammensetzung dieser

ser Maschine, wird genau angestellt nach dem allgemeinen Gesetze, das wir sogleich anführen werden bei der Zusammensetzung mehrerer Wellen-Räder.

** Mittelst dieser Maschine können, ungeachtet der grossen Reibung, der sie schon als Schraube unterliegt (128.), mit grosser Ersparniß der Kräfte ungeheure Lasten gehoben werden; aber, immer auf Kosten der Zeit, indem eine ganze Umdrehung der Kurbel nöthig ist, bis das Rad auch nur um Einen Zahn fortrücket. — Man bedient sich der Schraube ohne Ende mit Vortheil bei vielen Instrumenten, woran sanfte Bewegungen nöthig sind, z. B. bei den Stativen der optischen Werkzeuge, der Meßscheibe u. d. gl. —

136.

Von den Räderwerken insonderheit.

Beispiele von Maschinen, denen ich die Benennung eines Räderwerkes insonderheit gebe (131.*), findet man bei Leupold u.a. auch zeigen wir welche in Modellen vor. Um die Kraft zu finden, welche der Last eines jeden Räderwerkes das Gleichgewicht hält, dient nachstehender

Lehr-

Lehrsatz. Bei einem Räderwerke (130.) sind Kraft und Last im Gleichgewichte, wenn sich jene zu dieser verhält, wie das Product aller Halbmesser der Getriebe, zu dem Producte aller Halbmesser der Räder. **Beweis.** Das Räderwerk ist, wie gesagt, eine Zusammensetzung aus zweien oder mehrern Rad-Wellen, an denen die Durchmesser der Getriebe die Entfernungen der Last vom Unterstützungspuncte, und die Durchmesser der Räder die Entfernungen der Kraft von demselben Unterstützungspuncte ausdrücken (vorherg.), mithin eine Zusammensetzung einarmiger Hebel von zweiter Art. Nun verhält sich aber in dem zusammengesetzten Hebel zweiter Art, die Kraft zur Last, wie das Product aller Entfernungen der Last von dem Unterstützungspuncte, zu dem Producte aller Entfernungen der Kraft von demselben Unterstützungspuncte (101. II.): folglich sind bei einem Räderwerke Kraft und Last im Gleichgewichte, wenn sich jene zu dieser verhält, wie das Product aller Halbmesser der Getriebe zu dem Producte aller Halbmesser der Räder.

* Setzen wir drei Räder an einer Maschine, deren Halbmesser sich zu den Halbmessern der Getriebe verhalten wie 10 : 1: so läßt sich

nach

nach dem eben aufgestellten Gesetze die Kraft finden, welche erfordert wird, um einer Last = 1000 Pfund das Gleichgewicht zu halten. Nemlich

$$10 \times 10 \times 10 : 1 \times 1 \times 1 = 1000 : x$$

$$x = \frac{1000 \times 1 \times 1 \times 1}{10 \times 10 \times 10} = 1 :$$

also 1 Pfund wird mit einer Last = 1000 Pfund unter obiger Bedingung im Gleichgewichte stehen — etwas mehr als 1 Pfund die ganze Last bewegen.

137.

Diese Bestimmungen treffen indeß in der Anwendung nicht genau ein, zumal wegen des Reibens, dem die Zapfen an den Axen der Räder und Getriebe in den Zapfenlagern (Pfannen) unterworfen sind, und wegen des Klemmens und Schiebens der Zähne und der Triebstöcke aneinander. Dieses Reiben, Schieben und Klemmen der Maschinentheile verzehrt sehr viel Kraft: wo dann immer eine grössere Kräftenanstrengung, als die Rechnung bestimmt, erfordert wird. So sind in der That mehr als 1 Pfund nöthig, um 1000 Pfund im Gleichgewichte zu halten, wenn die vorher beschriebene Maschine in die Wirklichkeit gesetzt wird.

* Man gab den Zähnen der Räder und den Stöcken eine solche Bildung, daß sie sich über einander wälzen: dadurch wird dann die Reibung vermindert (69. V.). Zu diesem Ende hat Römer zuerst den Zähnen eine epicykloidalische Gestalt gegeben. — Eine Einrichtung, wodurch jeder Stock des Getriebes nach und nach alle Zähne des Rades trifft, ist eben auch ein zweckmässiges Mittel zur Verminderung des Reibens. Allein diese Einrichtung fordert die schwierige Eintheilung der Räder in Zahlen, die sich nicht dividiren lassen: z. B. ein Getriebe von 6 Stöcken müßte in ein Rad von 19 Zähnen greifen; es geht deßwegen diese Einrichtung selten in Ausübung.

138.

Die Zusammensetzung vieler Radwellen wird selten angewandt, um durch sie grosse Lasten zu heben; die Ausarbeitung der Räder und Stöcke ist kostspielig, und die Zähne und Stöcke, auf die sich die ganze Last wirft, sind brechlich u. d. gl. — Weit zweckmässiger, und daher frequenter ist der Gebrauch solcher Maschinen dort, wo man die umgekehrte Absicht hat, durch eine starke, aber langsam wirkende Kraft grosse, oder regelmässige Geschwindigkeit hervorzubringen. In diesem Falle wird die

Kraft

Kraft so angebracht, daß sie eine Welle in Bewegung setzt, deren Rad in das Getriebe eines zweiten greift u. s. w.

* Beispiele von Maschinen dieser Art haben wir an den **Mühlen, Wasser- und Wind-Mühlen, und an den Uhrwerken.** Das Wasser treibt das Mühlrad, der Wind vermittelst der Windflügel die Mühlwelle um; das Kammrad dieser Welle greift in einen Trilling von wenig Stöcken, und dreht denselben sehr schnell; da auf diesem der Mühlstein (der Läufer) steht, so erhält auch dieser eine sehr geschwinde Bewegung. — An einer **Uhr** bewegt das Gewicht die Welle des Minutenrades, welches sich z. B. mit 80 Zähnen in ein Getriebe von 8 Stöcken neinset, und dadurch das Mittelrad von 48 Zähnen umtreibt; dieses greift wieder in ein Getriebe von 8 Stöcken, und bringt dadurch das Mittelrad in Bewegung, das wieder in ein Getriebe von 8 Stöcken eingreifend, das Kronrad von 48 Zähnen treibt. Dieses Kronrad greift in ein Getriebe von 24 Stöcken, an dessen Axe das Steigrad von 15 Zähnen angebracht ist. Nach dieser Einrichtung geht das Minutenrad einmal um, während das Steigrad, als das schnellste umläuft $= \frac{80 \times 48 \times 48}{8 \times 8 \times 24} = 120$mal.

Hängt nun ein Pendel so, daß alle 2 Secunden ein Zahn des Steigrades fortrückt, so dauert der Umlauf desselben 30 Secunden = ½ Minute, und das Steigrad vollendet seine 120 Umläufe in 60 Minuten, oder innerhalb einer Stunde; während welcher Zeit die Welle des Minutenrades sich einmal drehet, und den Zeiger, der an ihr befestigt ist, einmal auf dem Zifferblatte umher führt. —

III.

Von dem Gleichgewichte der Tropfbarflüssigen.

139.

Die Lehre von dem Gleichgewichte der Tropfbarflüssigen ist die **Hydrostatik**.

140.

Das Gleichgewicht der Tropfbarflüssigen kommt zum Vorscheine, wenn die Tropfbarflüssigen betrachtet werden

I. an und für sich, und

II. im Verhältnisse mit festen Körpern, die mit ihnen in Verbindung kommen.

Wir handeln daher in der Hydrostatik

von dem Gleichgewichte der Tropfbarflüssigen an und für sich, und:

von

von dem Gleichgewichte der Tropfbarflüssigen, sofern sie im Verhältnisse stehen mit festen Körpern.

141.

I. Von dem Gleichgewichte der Tropfbarflüssigen an und für sich.

Tropfbarflüssig nennen wir jene materielle Substanz, deren Theile so schwach zusammenhalten, daß sie durch jede geringste Gewalt verschoben werden können (M. Lehrb. der Naturw. II. H.): die Theile der Tropfbarflüssigen sind demnach von der Art, daß sie, nicht unterstützt, fallen.

I. Die Tropfbarflüssigen unterscheiden sich daher von den festen Körpern auch in mechanischer Hinsicht gar sehr. — Indem die Theile der festen Körper zusammenhängen, vereinen sich ihre entgegengesetzten Strebungen in einem gemeinsamen Schwerpuncte, bei dessen Unterstützung alle Theile vom Falle aufgehalten sind (79.). Hingegen fehlt es den Theilen der Tropfbarflüssigen, wie an merklichem Zusammenhange, so an einem gemeinsamen Schwerpuncte, wo dann das Flüssige dort, wo es nicht

unterstützt ist, fällt, und bei dem Anstosse an feste Körper in Tropfen zersplittert.

142.

Die Tropfen der Flüssigen, die in Berührung anderer zerfließen, und mit diesen in eine Masse zusammenrinnen, nehmen durchgehens eine kugeligte Gestalt an, wenn sie nicht daran von der Umgebung gehindert sind (M. Lehrb. der Naturw. II. H.): die nicht unterstützten Theile der Tropfbarflüssigen sind daher, abgesehen von ihrem schwachen Zusammenhange, auch höchst beweglich (80. 81.).

143.

Der **qualitative Unterschied** der festen Körper und der Tropfbarflüssigen, die wir in der Folge schlechthin **Flüssige** nennen werden, ist schon Vordeutung, daß die **Gesetze des Gleichgewichtes der Flüssigen** von den Gesetzen des Gleichgewichtes der festen Körper verschieden sein müssen.

144.

Erklärungen. 1. Die Gefässe, in denen wir die Flüssigen, oder, was sie überhaupt vertritt, das **Wasser**, in mechanischer Hinsicht betrachten müssen (142.), sind entweder cylin-

dri-

drische (gleichförmige, vasa vniformia), oder oben weitere (v. diuergentia), oder oben engere (vasa conuergentia) — ungleichförmige (v. difformia) —.

2. Die Gefässe werden miteinander so verbunden, daß das Flüssige aus einem in das andere übergehen kann, oder die Verbindung ist so gemacht, daß ein solcher Uebergang nicht statt hat (v. communicantia, non communicantia).

3. Die verbundenen Gefässe (Röhren), sind von gleichem oder ungleichem Durchmesser: beide stehen senkrecht; oder eines senkrecht und das andere schief; beide sind gerade oder gewunden; oder eines gerade, und das andere gewunden.

* Stehen Flüssige in den Gefässen, so sind die oben liegenden Theilchen derselben zunächst unterstützt von denen, die sich unter ihnen befinden; drücken aber mit diesen insgesamt auf die Grundflächen der Gefässe. Die Gesetze dieses Druckes, und des daraus resultirenden Gleichgewichtes sind nun zu untersuchen.

145.

1. Lehrsatz. Ein gedrücktes Theilchen eines Flüssigen drückt auch aufwärts, so stark,

als

als es von oben herab gedrückt wird. **Beweis.** Es sei die Wassersäule AC (Fig. 36. Taf. II.). Das oberste Theilchen drückt auf das folgende 2, als auf seine Unterlage, mit seinem Gewichte = 1; das Theilchen 2 ist von 3 unterstützt: ist also unbeweglich, trägt das Theilchen 1; und reagirt mit einer Kraft, die dem Gewichte (der drückenden Gewalt) des Theilchens 1 gleich ist, d. i. das Theilchen 2 drückt nach oben = 1. Dasselbe gilt von dem Theilchen 2, welches auf das Theilchen 3 drückt mit einer Gewalt = 1 + 1 = 2, und von dem Theilchen eine Reaction — einen Druck nach oben = 2 erleidet. Dieses findet sofort bei allen folgenden Theilchen statt; und da erhellet: „Ein gedrücktes Theilchen eines Flüssigen drückt auch aufwärts, so stark, als es von oben herab gedrückt wird."

* Man zeigt bei den Vorlesungen Gefässe vor, in denen der Druck der Theile eines Flüssigen aufwärts (nach oben) anschaulich wird.

146.

2. Lehrsatz. Der Druck aller Theilchen des Flüssigen ist in den Gefässen durchgängig im Verhältnisse der Höhe, in der das Flüssige steht. — Dieser Lehrsatz erstreckt sich auf folgende Fälle:

1. wenn

1. wenn das Flüssige in einem cylindrischen, durchaus gleichförmigen Gefässe BFEG (Fig. 38. Taf. II.) senkrecht steht;

2. wenn das gleichförmige cylindrische Gefäß ABCD (Fig. 38.) geneigt ist;

3. wenn das Gefäß oben auseinander geht;

4. wenn sich das Gefäß oben verenget (Fig. 37. Taf. II.);

5. wenn das Gefäß verschiedene Windungen hat.

* Für alle diese Fälle ist der Lehrsatz zu erweisen.

147.

Beweis des Lehrsatzes für den Fall 1. In einem cylindrischen, aufrecht stehenden Gefässe können wir das Flüssige als eine Summe von Wasser-Säulchen = AC (Fig. 36.) betrachten. Jedes Theilchen dieses Säulchens, das sich unter 1 befindet, drückt abwärts, nicht nur mit seinem Gewichte = 1, sondern auch mit dem Gewichte der aufliegenden Theilchen, das Theilchen 8 drückt also auf C mit seinem Gewichte = 1, und mit dem Gewichte 7 solcher Einheiten, oder mit dem Gewichte aller Theilchen, die ihm aufliegen. Da nun dieses von jedem der Säulchen

gilt,

gilt, die zusammen die ganze Wassermasse ausmachen: so ist der Druck der Flüssigen in einem gleichförmigen Gefässe, im Verhältnisse der Höhe.

148.

Beweis des Lehrsatzes für den Fall 2. In dem geneigten gleichförmigen Gefässe ABCD (Fig. 38.) liegt das Flüssige auf einem Planum inclinatum: dasselbe wird daher von BD zum Theile unterstützt, und wirkt dann auf die Basis CD nur mit seiner respectiven Gewalt (28.). Nun verhält sich aber die respective Gewalt zur absoluten, wie die Höhe zur Länge (26. 123.). Also drückt das Flüssige in einem geneigten gleichförmigen Gefässe eben in diesem Verhältnisse — im Verhältnisse der Höhe.

* Es stelle *ab* (Fig. 38.) die absolute Gewalt des Wassertheilchens *a* vor. Für *ab* können substituirt werden *ac* und *ad* (24. IV.); *ac* ist = dem Drucke des Wassertheilchens *a* auf die schiefe Ebene BD; *ad* = der respectiven Gewalt, die auf die Grundfläche in *e* wirket. Es ist klar, daß *ac* durch die Unterstützung verloren geht, und sodann nur mehr die respective Gewalt = *ad* übrig bleibt. Dasselbe gilt von jedem andern Theilchen des Flüssigen in

in dem geneigten Gefäße ABCD: es wirkt daher nur die respective Gewalt des Flüssigen auf dem Boden desselben: also im Verhältnisse der Höhe. — Da CD = EG (Fig. 38.), und die Höhe BE beiden Gefäßen gemein ist, so ist dem eben Gesagten zufolge, der Druck auf die Grundlinie in beiden Gefäßen gleich.

I. Aus diesem und dem vorhergehenden Beweise geht unmittelbar hervor: **Alle Theilchen eines Flüssigen erleiden, wenn unter ihnen Gleichgewicht ist, in der nemlichen Tiefe oder Höhe — in demselben Horizontal-Durchschnitte einen gleichen Druck.**

* Die Theilchen eines Flüssigen liegen nicht etwa blos **senkrecht** übereinander, wie es Fig. 36. abbildet, sondern sie sind **durcheinander** gemengt — **ineinander** zerflossen, und drücken dann einander allseitig; die unten liegenden Theilchen werden von den aufliegenden gedrängt, und getrieben nach allen Seiten, mit einer Kraft, die der Höhe proportionirt ist. Der eben aufgestellte Satz läßt sich daher auch so geben: Jedes Theilchen eines Flüssigen drückt in der nemlichen Höhe oder Tiefe jedes andere Theilchen, das es berührt, mit einer Kraft, wodurch es selbst gedrückt wird — nemlich in dem Verhältnisse der Höhe.

149.

Beweis des Lehrsatzes für den Fall 3.

In einem Gefässe, das oben weiter als unten, ein *vas diuergens* ist, liegt das Flüssige zum Theile auf zwei geneigten Ebenen, zum Theile drückt es aber unmittelbar auf die Grundfläche: es wird daher z. B. der Theil des Flüssigen, der sich in Mitte des Bodens befindet, und das Flüssige senkrecht über sich hat, im Verhältnisse der Höhe gedrückt (147.). Nun drückt der gedrückte Theil die ihm angränzenden Theile in dem nemlichen Verhältnisse der Höhe (vorherg.*): es ist daher der gesamte Druck, den die untersten Theile des Flüssigen in einem oben divergirenden Gefässe erleiden, und der sich durch dieselben auf dem Boden desselben äussert, im Verhältnisse der Höhe.

150.

Beweis des Lehrsatzes für den Fall 4 und 5.

In der Tiefe *ec* (Fig. 37. Taf. II.) werden alle Theile im Verhältnisse der Höhe $= ae$ gedrückt (147.): der Theil *c* also gerade so, als läge die Säule *ae* unmittelbar auf demselben: folglich muß der Druck auf $d = cd + ae$, d. i. im Verhältnisse der Höhe *ab* sein. Da nun dieses von al=

allen Theilchen der Grundfläche gilt: so ist der Druck der Flüssigen in einem oben convergirenden Gefässe eben auch im Verhältnisse der Höhe.

* Die verschiedenen **Windungen** eines Gefässes sind schiefe **Flächen**, welche dem Flüssigen unterlegt werden. Da nun auch in den schief liegenden Gefässen der Druck der Flüssigen auf den Boden im Verhältnisse der Höhe steht (148.): so ist dieser Fall in dem zweiten (148.) enthalten, und so erhellet, die **Wahrheit** des Lehrsatzes sei allgemein dargethan. **Allgemein** ist der **Druck** der Flüssigen —

in beliebiger Tiefe — in einem Horizontal-Durchschnitte eines Gefässes, oder auf dessen Boden im Verhältnisse der Höhe.

** Das Product aus einer Grundlinie in die Höhe gibt demnach die **Grösse des Druckes** des Flüssigen in einem Gefässe. Es sei z. B. die Grundfläche eines Gefässes, worinn Wasser steht, = 3 Quadratzoll; die Höhe = 6 Zoll: so ist der Cubicinhalt 18 Zoll, und der Boden des Gefässes trägt das Gewicht von 18 Cubiczoll Wasser, welches, den Cubiczoll zu $1\frac{1}{3}$ Loth gerechnet, einen Druck = 24 Loth gibt.

*** Sind

*** Sind die Flüssigen in Vergleich mit Wasser von verschiedener Dichtigkeit, so muß allerdings auch das specifische Gewicht des Flüssigen in Rechnung kommen. Im vorigen Beispiele würde statt des Wassers, das 14 mal gewichtigere Queckſilber, auf den Boden des Gefäſſes einen Druck ausüben = 10 Pfund und 16 Loth.

151.

Folgesätze aus dem allgemeinen Lehrsatze.

I. Der Druck der Flüssigen richtet sich nicht, wie der der festen Körper, allgemein nach der Masse.

* Dieses wird durch ein Experiment dargestellt. Man zeigt drei Gefässe vor, die einerlei Grundflächen, aber verschiedene Formen haben — ein cylindrisches, ein oberhalb divergirendes, und ein oberhalb convergirendes Gefäß. Der Boden eines jeden ist beweglich, und wird durch eine Hebelkraft gehalten. Man gießt Wasser in alle diese Gefässe bis zur gleichen Höhe; und: der Boden eines jeden Gefässes wird von dem nemlichen Gewichte getragen. —

II. Der Druck der Flüssigen auf irgend eine Grundfläche — oder angenommene Tiefe, ist von der Form des Gefässes ganz unabhängig:

***

gig: er bleibt bei jeder Form der Gefässe unverändert, und allgemein im Verhältnisse der Höhe.

III. Im Gleichgewichte müssen alle Theile einer Wasserfläche gleiche Höhen haben; denn sonst würden wegen ungleiches Druckes diejenigen, die höher stünden, sinken, und die niedriger wären, würden steigen, da wäre dann Bewegung, nicht Gleichgewicht: gleicher Druck, oder Gleichgewicht flüssiger Theile muß daher gleiche Höhen der Oberfläche zur Folge haben, oder: **im Gleichgewichte muß die Oberfläche eines Flüssigen horizontal sein.**

* Da der **wahre Horizon** eine krumme Fläche, deren **Centrum** der **Mittelpunct der Erde** ist (M. Abh. von der Erde): so sind **unsere horizontalen Wasserflächen** eigentlich **Segmente** von einer **Kugel** oder **Sphäroide**, keine absolute Ebenen. — Die **Erhebung** des Wassers an den Wänden eines Glases ist ein **Phänomen** der **Adhäsion** (M. Lehrb. der Naturw. II. H.).

** Von der **horizontalen Lage**, welche die Oberflächen der Flüssigen nehmen, macht man die **Anwendung** auf **Wasserwägen, Horizontalwägen** (librae aquariae, libellae hydrostaticae).

IV. Ver-

IV. Vergleicht man zwei Gefässe: beide haben einerlei Basis, aber in einem steht das Flüssige noch so hoch; oder: beide sind von einerlei Höhe, eines derselben hat aber eine doppelt so grosse Basis, so verhält sich der Druck der Flüssigen in diesen Gefässen = 1 : 2 — vorausgesetzt, die Flüssigen seien gleichartig (150.***).

152.

3. Lehrsatz. In zweien untereinander verbundenen Gefässen (Röhren) von ungleichem Durchmesser steht das Flüssige, z. B. Wasser, immer auf derselben Höhe. — Den Beweis dieses Satzes gibt der Augenschein. Der Grund hievon? — In dem Gefässe (Fig. 39. Taf. II.) ist *mn*, als die gemeinschaftliche Basis der Röhren *ghmn* und *efmn* zu betrachten: die Höhen des Flüssigen *cd* und *ab* sind in beiden Röhren gleich, es ist also der Druck auf *mn* beiderseits gleich (vorherg. IV.); und so muß allerdings das Flüssige in der engern und weitern Röhre auf derselben Höhe stehen.

I. Wegen der Allgemeinheit des Grundes gilt der aufgestellte Lehrsatz allgemein, und kann so ausgesprochen werden: in einer gegebenen Röhre von zweien Schenkeln, deren

ei-

eine so weit, und die andere so enge sein mag, als man will (nur sei diese keine Haarröhre), steht das Flüssige, z. B. Wasser, immer auf gleicher Höhe.

* In Röhren, deren eine sich bis zu einem Haarröhrchen verdünnet, steht das Flüssige (das Wasser) auf einer Seite, nemlich auf der des Haarröhrchens allemal höher — über der Horizontalfläche, weil hier zu der mechanischen Wirkung des Druckes die Kraft der Adhäsion hinzukommt (M. Lehrb. der Naturw. II. H.); daher die Limitation: „die dünne Röhre sei nur keine Haarröhre." —

** Die Erfahrung stellt in dem angeführten Gesetze ein Beispiel auf, daß eine kleine Masse eines Flüssigen einer grossen die Wage halte: dieses scheint den mechanischen Gesetzen zu widersprechen; aber es scheint nur so, wie itzt gezeigt werden soll.

153.

Offenbar hält an einem ungleicharmigen Hebel ein kleines Gewicht (eine kleine Masse) einer grossen Last (einer grossen Masse) das Gleichgewicht. Nun wiederholt sich dieses Phänomen nur, in verbundenen Röhren, deren eine weit, die andere enge ist: ganz dieselben Kräfte treiben

hier ihr Spiel, wirken wie an einem ungleich-armigen Hebel auf dieselbe Weise. **Beweis.** Es sei AB (Fig. 40. Taf. II.) eine Röhre, die mit einer andern dreimal weitern CD in Verbindung ist. Gießt man in die Röhre AB Wasser, so geht es in CD über so, daß das Wasser in AB drei Zoll fällt, wenn es sich in der Röhre CD einen Zoll hebt. Es durchläuft also das Flüssige in seinem Uebergange aus AB in CD in derselben Zeit einen dreimal grössern Raum, als das in der Röhre CD: die Geschwindigkeit der Wassermasse = 1, in der dünnen Röhre AB, ist daher dreimal grösser, als die Geschwindigkeit der Wassermasse = 3, in der weitern Röhre CD; und so verhalten sich dann die **Geschwindigkeiten** der bewegten Flüssigen in Röhren von ungleichen Durchmessern **umgekehrt** wie ihre **Massen**: es ist daher das Product aus Masse und Geschwindigkeit des Flüssigen in der engern Röhre alle-mal dem Producte aus Masse und Geschwindigkeit des Flüssigen in der weitern Röhre gleich: somit ist es den **mechanischen Gesetzen** ganz gemäß, daß eine **kleine Masse Wassers** einer grossen in diesen und ähnlichen Fällen die **Wage halte.**

* Wir

* Wir sehen demnach hier das Gesetz eines ungleicharmigen Hebels P : p = d : D, nur unter einer andern Form. — P drücke die kleine Wassermasse im Schenkel AB aus; p sei die grosse Wassermasse im Schenkel CD; D sei die Geschwindigkeit des Wassers in der kleinen Röhre; d die Geschwindigkeit des Wassers in der grössern: so resultirt dem eben Gelehrten zufolge, daß in ungleich weiten Röhren das Flüssige im Gleichgewichte stehe, wenn sich P zu p verhält, wie d : D.

** Auch findet sich hier das mechanische Gesetz wieder, daß im Raume oder an Geschwindigkeit verloren geht, was an Kraft gewonnen wird (116.*). Nemlich das, was dem Anscheine nach widersprechend ist, steht mit den mechanischen Gesetzen in voller Uebereinstimmung.

*** Da in Gefässen jeder Form und Lage das Flüssige immer in horizontaler Ebene steht (151. III.), und die communicirenden Röhren für Ein Gefäß anzusehen sind: so erhellet, daß weder eine Irregularität der Form, noch eine Neigung der Röhren, in der Höhe des Flüssigen eine Aenderung mache, folglich das aufgestellte Gesetz allgemein für alle untereinander verbundenen Gefässe oder Röhren gelte.

154.

Ist die Röhre A (Fig. 41. Taf. II.) so eingerichtet, daß bei *m* ein Schieber mit einer Klappe vorliegt, und man gießt in C Wasser: so drückt das Wasser der Röhre C auf den Schieber im Verhältnisse der Höhe; denn wird die Klappe des Schiebers geöffnet, so erhebt sich das Wasser mit Schnelligkeit empor bis zur Höhe *a* = der Höhe *p n*.

I. In zweien communicirenden Röhren, in denen sich das Flüssige, z. B. Wasser, frei bewegen kann, ist das Gleichgewicht nicht eher vorhanden, als bis das Flüssige, das Wasser, in beiden Röhren auf gleicher Höhe steht.

II. Setzt man die Röhre CD (Fig. 40. Taf. II.) sehr weit, und die Röhre AB enge, aber sehr lange: so muß der Druck auf den Schieber oder den festen Deckel *x y* sehr groß sein, wenn die enge Röhre mit Flüssigem, z. B. mit Wasser, gefüllt wird; denn der Deckel *x y* ist als Basis, und der Wasserstand AB in der dünnen Röhre als Höhe anzusehen, woraus sich dann auf den festen Deckel *x y* ein Druck ergibt = AB . *x y*.

* Neh=

* Nehmen wir das Gefäß ABD*yx* voll Wasser an. AB sei 40 Zoll hoch, oder das Wasser in der engen Röhre wäge etwa $53\frac{1}{3}$ Loth (150.**). Der feste Deckel der weiten Röhre *xy*, habe eine Fläche = 200 Quadratzoll: der Druck auf diesen Deckel wird sein 40.200 = 8000 Cubiczoll Wasser = 10666 Loth = 3 Centner und 33 Pfund. Es erweiset sich daher der Druck des Wassers = 53 Loth unter den angeführten Bedingungen sehr beträchtlich = 3 Centnern.

** Eben daraus erklärt man sich die Wirkungen jener Vorrichtungen, welche Gravesande in dem *Follis hydrostaticus*, und Wolff in dem *Sipho anatomicus* gegeben haben. — Daher der Grund, daß eine Tonne platzet, wenn man in einer Röhre, die mit ihr in Verbindung ist, Flüssiges, auch nur in kleiner Quantität zugiesset; u. s. w.

*** Bisher setzten wir in den Gefässen, die untereinander verbunden sind, durchgehens gleichartige Flüssige. Nun von dem Falle, wo in den communicirenden Röhren Flüssige vom verschiedenen specifischen Gewichte vorkommen.

155.

4. **Lehrsatz.** In Röhren, die communiciren, und worein ungleichartige Flüssige gebracht

bracht werden, erhält man das Gleichgewicht, wenn die Höhen der Flüssigen im umgekehrten Verhältnisse ihrer specifischen Gewichte stehen. Beweis. Alsdann ist Gleichgewicht, z. B. in den Röhren A und C (Fig. 41. Taf. II.), wenn das Flüssige in der eiuen, dem in der andern die Wage hält. Nun ist aber dieses der Fall, wenn bei ungleichartigen Flüssigen die Höhen mit den specifischen Gewichten derselben im verkehrten Verhältnisse stehen: also u. s. w. — Man gieße in die Röhre A Wasser, bis es zu einer gewissen Höhe, z. B. bis *mn* steht; man schütte dann in A Queckfilber, das sich dem specifischen Gewichte nach, zu dem Wasser verhält = 14 : 1 : das Wasser wird aus A verdrängt, steigt in C, und kommt erst zur Ruhe, wenn das Wasser in der Röhre C, 14 mal höher steht, als das Queckfilber in A.

* Darauf stützen sich die Phänomene der „Elementarwelt" und das „*Passevin*" genannt. In der Elementarwelt sondern sich die von verschiedenen specifischen Gewichten gemischten Flüssigen im Verhältnisse ihrer Gewichte so, daß das Gewichtigste die unterste, das wenigst Gewichtige die oberste Stelle, die übrigen nach demselben Verhältnisse die Mitte zwischen beiden einnehmen. Im Passevin verdrängt

das

das gewichtigere Wasser den geistigen Burgunderwein, und hebt diesen drückend, empor. —

156.

5. **Lehrsatz.** Die Flüssigen drücken nicht nur abwärts (145.), und aufwärts (146.), sondern auch auf die **Seitenwände der Gefässe**, in denen sie sich befinden. — Die **Wahrheit dieses Satzes** geht hervor

aus der **Natur der Flüssigen** (141.), deren Theile untereinander **gemengt** (148. I.*), **kugelförmig** (142); und in **stetem Fallen**, und im **Streben**, jedem **Drucke auszuweichen**, begriffen sind (141. I. 142.);

und dann aus dem **Gesetze**, daß die Flüssigen in der nemlichen Tiefe nach allen Seiten drücken mit einer Gewalt, die dem Drucke, den sie erleiden, gleich kommt (148. I.).

Man macht indeß die Wahrheit dieses Satzes **anschaulich** an einem Gefässe, dem zur Seite Röhrchen von **verschiedenen Richtungen**, und in **verschiedenen Höhen** eingesetzt, und deren Oeffnungen mit einer Blase verbunden sind: werden diese mittelst einer Spitze durchstochen, so drängt sich das Wasser überall heraus — und

zwar

zwar desto stärker, je tiefer das Flüssige steht. — Noch auffallender ist der Druck des Flüssigen auf die Seiten — und nach allen Richtungen, wenn das Flüssige in dem Gefässe mit einem anpassenden Stempel gedrückt wird. —

1. Der Druck der Flüssigen auf die Seiten steht im Verhältnisse der Höhe — je tiefer der Theil einer Seitenwand liegt, desto mehr wird er gedrückt.

* Festes (gefrornes) Wasser, das würfelig ausgehauen, und einem Würfel-Gefässe eingepaßt ist, drückt, wie jeder starre Körper, nur auf den Boden dieses Gefässes; sobald das Wasser flüssig wird, drückt es auf den Boden und auf alle Seiten. So verschieden ist der Druck der Flüssigen von dem der festen! —

** Wie groß ist der Druck des Flüssigen auf eine gegebene Seitenfläche?

157.

6. Lehrsatz. Der Druck auf die Seite eines Gefässes, oder einer sonstigen Umgebung ist gleich dem Producte aus der von dem Wasser berührten Fläche in die halbe Wasserhöhe. Beweis. Es sei das Gefäß CD (Fig. 40. Taf. II.) voll

voll Wasser; an der Seite sei eine Röhre AB*nm* eingesetzt, und gleichfalls mit Wasser gefüllt: der Theil *mn* ist die gemeinschaftliche Basis beider Gefässe, und wird demnach von Seite der weitern und engern Röhre im Verhältnisse der Höhe gedrückt (146.). Nun steht aber der Theil *m* höher als *n*: es erleidet daher *n* einen grössern Druck als *m*: es ist also $\frac{om+on}{2}$ als die **wahre Wasserhöhe** anzusehen, die mit der Seite *mn*, welche unter Wasser steht, multiplicirt, den Druck auf diese Seite angibt. **Es ist demnach (allgemein ausgesprochen) der Druck der Flüssigen auf die Seite gleich dem Producte aus der von dem Wasser berührten Fläche in die halbe Wasserhöhe.**

I. In einem cubischen Gefässe, das ganz mit Wasser gefüllt ist, ist der **Druck** auf Eine Seite = dem **Producte** aus dem Theile, der unter Wasser steht, in die halbe Höhe.

II. In einem cubischen, mit Wasser gefüllten Gefässe wird jede Seite gedrückt — halb so stark, als der **Boden** desselben.

III. Alle Seiten eines cubischen Gefässes zusammen leiden daher einen Druck = 4. $\frac{1}{2}$; der Boden aber = 1 . 1: es werden daher alle Sei-

ten

ten zusammen in einem solchen Gefässe zweimal stärker auswärts gedrückt, als der Boden abwärts.

* Die **Hydrotechnik** (Wasserbaukunst) macht Gebrauch von diesen Lehren in Anlegung der **Dämme, Schleusen** u. d. gl. — Ein Damm sei z. B. der Länge nach 20 Schuh, und stehe unter Wasser 5 Schuh. Die von dem Wasser berührte Seite ist diesemnach = 100 Quadratfuß: wird diese mit $2\frac{1}{2}$ = der halben Höhe multiplicirt, so ist das Product = 250 Quadratschuh. Da nun ein Cubicschuh Wasser ungefähr 64 Pfund wiegt, so ist der Druck des Wassers auf den gegebenen Damm = 250 . 64 = 1600 Pfund. Einem solchen Drucke ist dann ein verhältnißmässiger Widerstand — ein gehörig starker Damm entgegen zu setzen. — Wegen dieses Druckes sind Wein = Bier = Fässer u. d. gl. mit starken Reifen, Bändern zu umgeben. U. s. w.

158.

II. Von dem Gleichgewichte der Tropfbarflüssigen, sofern sie im Verhältnisse mit den festen Körpern stehen.

Versuch. Wird ein fester Körper, z. B. ein Würfel aus Blei, in einem Flüssigen, z. B. im

Was=

Wasser, untergetaucht, so treibt er Wasser von der Stelle, und zwar so viel, daß der Raum, den das von der Stelle getriebene Wasser einnimmt, dem Umfange des eingesenkten Körpers gleich kommt.

* Dieser Erfolg der Einsenkung eines festen Körpers in ein Flüssiges ist für sich selbst klar, und bewähret sich vollkommen, wenn der Raum, in den das Wasser sich erhebt, gemessen wird.

** Archimedes soll, im Bade sitzend, und mit seinem Beine spielend, zuerst den beschriebenen Erfolg der Einsenkung bemerkt haben.

159.

1. Lehrsatz. Wird ein Körper in einem Flüssigen untertaucht, so verliert er von seinem Gewichte, und zwar so viel, als das von der Stelle getriebene Flüssige beträgt. Beweis. Ein in ein Flüssiges getauchter Körper wird immer zum Theile von demselben unterstützt; und erleidet dann in seiner Stelle von dem Flüssigen dieselbe Reaction, als ein Theil desselben von gleichem Umfange an derselben Stelle des festen Körpers erleiden würde. Nun würde aber ein solcher Theil des Flüssigen im Falle des Gleichgewichtes an der Stelle des

fes

festen Körpers durch Unterstützung ganz getragen: es trägt also das Flüssige von dem untertauchten festen Körper auch so viel, als das Flüssige von gleichem Umfange beträgt, mithin verliert ein in ein Flüssiges getauchter Körper immer von seinem Gewichte, und zwar so viel, daß der Verlust dem Gewichte des von der Stelle getriebenen Flüssigen gleich kommt.

I. Ein in ein Flüssiges eingetauchter fester Körper leidet einen Gewichtverlust, der dem Gewichte des Flüssigen, das mit demselben den nemlichen Umfang (volumen) hat, gleich ist: oder, der Gewichtverlust eines in ein Flüssiges eingesenkten Körpers steht im Verhältnisse mit dem Umfange desselben.

* Die Wahrheit dieses allgemeinen Lehrsatzes läßt sich im Besondern durch ein Experiment darstellen. Man hängt von einem Arme einer empfindlichen Wage, an einem zarten Faden oder an einem Pferdhaare, einen soliden, und über denselben einen hohlen Würfel, stellt dann durch ein Gegengewicht das Gleichgewicht her, und senkt den soliden Würfel in ein Flüssiges, z. B. in Wasser, ein. Das Gleichgewicht wird gestört, und der Ausschlag fällt auf die Seite des Gegengewichtes. Nun füllt man den hohlen Würfel

mit

mit demselben Flüssigen — mit Wasser; und das Gleichgewicht ist wieder hergestellt: es zeigt also der Augenschein, daß ein in ein Flüssiges gesenkter Körper so viel von seinem Gewichte verliert, als das von der Stelle getriebene Flüssige am Gewichte beträgt. — Wägt z. B. ein Würfel 11 Unzen, und ein gleich grosser Wasserwürfel 1 Unze, so verliert der Würfel nach seiner Einsenkung in das Wasser 1 Unze Gewicht. Wird nun auf Seite des Verlustes ein Wasserwürfel = 1 Unze hinzugethan, so ist es klar, daß das Gleichgewicht hergestellt werde.

II. Indem der Gewichtverlust, den ein in ein Flüssiges getauchter Körper leidet, daher rührt, daß er von dem Flüssigen, wie ein gleich grosser Theil desselben Flüssigen, unterstützt wird, so wächst das Gewicht, welches der untertauchte Körper verliert, dem Flüssigen zu.

* Folgender Versuch ist Darstellung dieser Wahrheit. Man hängt von einem Wagbalken einen Körper herab, und bringt die Wage in das Gleichgewicht. Das an einem Faden gehängte Gewicht wird in ein Wassergefäß, das an einer andern Wage einem Gegengewicht das Gleichgewicht hält, eingesenkt: itzt

wird

wird an beiden Wagen die horizontale Lage geändert. In der erstern gibt das Gewicht den Ausschlag, und erst dann, wenn auf Seite des eingesenkten Körpers 200 Gran (so viel als er im Wasser verliert) gelegt worden, ist das Gleichgewicht wieder hergestellt. In der zweiten Wage fällt der Ausschlag auf die Seite des Gefässes, in dem der Körper eingesenkt worden; und erst dann wird das Gleichgewicht wieder hergestellt, wenn zu dem Gegengewichte 200 Gran — so viel als der Körper im Flüssigen verliert, beigelegt werden. —

** Man bringt ein langes cylindrisches Gefäß voll Wasser an einen Wagbalken, von dem eine Bleikugel an einem kurzen Faden herabhängt, und im Wasser untergetaucht ist. Nachdem das Gleichgewicht hergestellt worden, schneidet man den Faden ab: das Gleichgewicht wird aufgehoben, und das Gegengewicht gibt einen Ausschlag, bis die Kugel den Boden des Gefässes erreicht hat. — Während des Fallens verwendet nemlich die Kugel einen Theil ihres Fallstrebens, das sich vorhin auf der Unterlage äußerte, zur Wegschaffung des ihm im Wege stehenden Wassers. Hat sie einmal den Boden erreicht, so drückt sie wieder mit ihrem ganzen Gewichte, und stellt dann die Wage wieder in das Gleichgewicht.

160.

Erklärungen. 1. Ein Körper, der unter dem nemlichen Umfange mehr wiegt, als ein anderer; oder bei dem nemlichen Gewichte einen **kleinern** Umfang hat, als ein anderer, wird in Beziehung auf diesen andern **specifisch gewichtiger** genennt (M. Lehrb. der Naturw. II. H.).

2. Die Körper, welche in ein Flüssiges eingesenkt werden, haben mit dem Flüssigen entweder **einerlei specifisches Gewicht**, oder ein **grösseres**, oder ein **kleineres**.

3. Wird derselbe Körper in mehrere Flüssige getaucht, so kann sich dieselbe Verschiedenheit ergeben: ein Flüssiges ist in Bezug des eingetauchten Körpers von **gleicher**, oder von **grösserer**, oder von **kleinerer** specifischen Gewichtigkeit.

161.

2. **Lehrsatz.** Wird a) ein fester Körper in ein Flüssiges von **demselben specifischen Gewichte** gebracht, so taucht er **ganz** unter, und **bleibt** in jeder Lage und Tiefe. b) Ist der Körper **specifisch gewichtiger**, als das Flüssige, so sinkt er bis auf den **Boden**. Hat endlich c) der Körper ein Gewicht, das specifisch geringer ist,

als

als das des Flüssigen, so senkt er sich nur zum Theile ein — bis zu einer Tiefe, die seiner verhältnißmässigen Gewichtigkeit gleich kommt. — Den Beweis dieser Sätze gibt die Beobachtung und das Experiment. — Grund des ersten ist: ein auf ein Flüssiges gelegter Körper sinkt so lange ein, bis das von der Stelle getriebene Flüssige so viel als er selber wiegt (159.). Nun wiegt aber erst dann das von der Stelle getriebene Flüssige so viel, als der in das Flüssige gebrachte Körper, wenn dieser ganz untergetaucht ist (man setzt ihn ja von einerlei specifischem Gewichte mit dem Flüssigen): ein auf ein Flüssiges gebrachter fester Körper sinkt daher so lange ein, bis er ganz untergetaucht ist, und bleibt dann aus dem nemlichen Grunde in jeder Lage und Stelle. — Das zweite und dritte geht aus dem eben Gesagten hervor. Ein Körper sinkt in einem Flüssigen so lange, bis das Gewicht des von der Stelle getriebenen Flüssigen seinem eigenen Gewichte gleich ist. Nun geschieht dieses im Falle, daß der Körper specifisch gewichtiger, als das Flüssige ist, nie; bei einem specifisch leichteren Körper aber schon vor seiner völligen Einsenkung. Im ersten Falle muß daher der Körper bis auf den Boden sin-

sinken, im zweiten hingegen sich nur zum Theile eintauchen — bis zu einer Tiefe, die seiner verhältnißmäßigen Gewichtigkeit gleich kommt.

I. Wird das specifische Gewicht des Flüssigen = 1 gesetzt, so schwimmen alle Körper auf dem Flüssigen, deren specifisches Gewicht kleiner, als 1 ist: alle übrige tauchen unter im Verhältnisse ihres specifischen Gewichtes zu 1.

* Setzen wir einen Körper, dessen specifisches Gewicht sich zu dem des Wassers verhält, wie 1 : 2, so taucht er zur Hälfte unter. Nur mit Gewalt bringt man ihn unter das Wasser, und, läßt die untertauchende Gewalt nach, so wird er von dem Wasser wieder ausgestossen mit einer Kraft, die der Differenz specifischer Gewichte gleich ist.

** Der Kampf zwischen einem eingesenkten Körper und dem entgegenwirkenden Flüssigen gleicht ganz dem Kampfe der Gewichte an einem zweiarmigen Hebel; und wir sehen hier nur wieder die sich stets gleich wirkende Naturkraft in dem Zurückstreben ihrer Gegensätze zur Indifferenz. —

*** Aus dem Vorhergehenden erklärt man sich: — Gefässe aus Materien, deren specifisches Gewicht viel grösser, als das des Wassers ist, schwimmen auf demselben, wenn

sie hohl gearbeitet sind, z. B. gläserne Flaschen, steinerne Krüge, zinnerne Schüsseln u. d. gl. Nur dann gehen sie unter, wenn sie mit andern Körpern, oder mit eingenommenem Wasser beladen, so viel Wasser von der Stelle treiben, daß es ihrem Umfange gleich wird. — Schiffe können, nicht nur aus Holz, sondern auch aus Metall gebaut, und ungeheuer belastet werden, ohne daß sie untergehen; ein mässiger Wind u. d. gl. kann sie bewegen, weil sie ganz von dem Wasser getragen werden. — Man hebt die im Meere zu Grunde gegangenen Lasten wieder empor, indem die Taucher versenkte leere Tonnen an dieselben anbinden, und ihnen, nach abgeschnittenen Versenkungssteinen, einen leichten und so grossen Umfang geben, daß die von der Stelle getriebene Wassermasse mehr wiegt, als die versunkene Last. — Leichen gehen aus dem Wasser hervor, sobald durch beginnende Verwesung dieselben aufschwellen, und dadurch ein grösseres Volumen erhalten. — Die Fische entleeren ihre Blase von Luft, d. i. geben ihrem Leibe einen kleineren Umfang, wenn sie abwärts steigen; füllen die Blase hingegen mit Luft, d. i. dehnen ihren Leib aus, wenn sie empor schwimmen. — Das Taucherlein (daemunculus cartesianus) schwimmt auf dem Wasser, oder geht unter, je nachdem sei-

seine Bauchhöhle durch den Druck des Wassers dieses in sich nimmt, oder bei dem Nachlasse des Druckes, dasselbe durch die Luftausspannung wieder ausstößt. — U. s. w.

**** Die Menschen sind nicht viel gewichtiger als das Wasser (ausserordentliche Fälle abgerechnet, wo ein Mensch, wie z. B. der Neapolitaner Paul Moccia, viel leichter, als das Wasser gewesen). Muschenbröck setzt das Gewicht eines Menschen $\frac{1}{9}$ grösser, als das Gewicht des Wassers. Den Versuchen des Robertsons zufolge ist der Mensch etwas leichter, als das Wasser. Wilkenson setzt das specifische Gewicht eines Menschen sogar kleiner, als das des Wassers an. — Man ersieht daraus, daß sich ein Mensch in der Wassernoth leicht retten könnte, wenn er nicht in Verlegenheit käme; durch Ausstreckung der Arme den Kopf bis an den Mund über dem Wasser hielte, und mit den hohlen Händen rüstig auf das Wasser drückte.

***** Man erfand ein Mittel, das die Schwimmkunst vertreten sollte, in dem sogenannten Schwimmgürtel, im Wasserharnische u. d. gl. Ein Beispiel mag die Theorie, worauf sich diese Einrichtungen stützen, erläutern. Nehmen wir an, ein Mensch wiege 161 Pfund, komme dem specifischen Gewichte

des Wassers gerade gleich, und sinke dann, dem Obigen gemäß (161.), ganz unter. Hängen wir ihm 8 Pfund Korkholz, das 4mal leichter als das Wasser ist, um den Leib, so wird dieses für sich Wasser von der Stelle treiben 4 . 8 = 32 Pfund. Rechnen wir die von dem menschlichen Körper verdrängte Wassermasse = 161 Pfund hinzu, so beträgt das Wasser, das durch den Körper des Menschen und den Kork von der Stelle getrieben wird, 193 Pfund, also 24 Pfund mehr, als der Mensch und das Korkholz zusammen wägen, welche dann die Gewalt ausdrücken, womit der Mensch über dem Wasser getragen — schwimmend erhalten wird.

162.

3. Lehrsatz. Werden Körper, die gleich wägen, aber von verschiedenem specifischen Gewichte sind, in dasselbe Flüssige getaucht, so verliert, wie wir wissen, jeder von seinem Gewichte; es verliert aber jeder (was hier hinzugefügt wird) um so viel weniger, als specifisch gewichtiger jeder ist. Beweis. Ein in ein Flüssiges umgetauchter Körper verliert so viel von seinem Gewichte, als das von der Stelle getriebene Flüssige wiegt, oder: so viel, als das Gewicht des Flüssigen unter dem nemlichen Umfan-

fange beträgt (159.). Nun ist aber der Umfang eines Körpers um so kleiner, je grösser sein specifisches Gewicht ist (160. 1.): werden also mehrere gleichwiegende Körper von ungleichem specifischen Gewichte in einem Flüssigen untertaucht, so verliert jeder um so viel weniger, als specifisch gewichtiger er ist.

163.

4. Lehrsatz. Der Gewichtverlust desselben eingesenkten Körpers ändert sich in demselben Flüssigen, wenn die Temperatur des Flüssigen, oder der Druck der Atmosphäre sich merklich ändert. **Beweis.** Der Gewichtverlust eines in ein Flüssiges getauchten Körpers ist gleich dem Gewichte des durch ihn von der Stelle getriebenen Flüssigen. Nun wiegt aber dasselbe von der Stelle getriebene Flüssige bei einer kalten Temperatur mehr, als bei einer warmen, bei einem stärkern Drucke der Atmosphäre mehr, als bei einem schwächern: es ändert sich also der Gewichtverlust desselben Körpers in demselben Flüssigen, wenn die Temperatur des Flüssigen, oder der Druck der Atmosphäre sich merklich ändert.

* Im sogenannten **Wasserthermometer** (in einer Röhre mit Wasser und etwas Alkohol gefüllt, worein Glaskügelchen mit Stielen von verschiedenem Gewichte gebracht werden, so daß sie bei einigen Graden über dem Eispuncte noch schwimmen), sinken die kleinen gläsernen Kügelchen, eines nach dem andern, durch die blosse Handwärme, steigen hingegen, eines nach dem andern, wieder, wenn das Flüssige wieder allmälig erkaltet. — Die Aenderungen des **Luftdruckes** bewirken nicht in dem Maße, wie die Aenderungen der Temperatur Gewichtsveränderungen der in Flüssige getauchten Körper, weil die tropfbaren Substanzen der Zusammendrückung nur im gar geringen Grade fähig sind (M. Lehrb. der Naturw. II. H.). — Aus dem nemlichen Grunde änderen tiefere Einsenkungen fester Körper in einem Flüssigen nichts im Gewichtverluste derselben.

164.

Auf den bisher aufgestellten hydrostatischen Gesetzen beruht die Einrichtung zweier Werkzeuge, des Aräometers und der hydrostatischen **Wage**, alsdann die **Methode, mittelst dieser Werkzeuge** die specifischen Gewichte der Körper zu bestimmen. Eine solche Gewicht-

Bestimmung ist für die Physik sehr wichtig, und das Verfahren hierinn sehr instructiv. Wir handeln erstens von den hydroskopischen Werkzeugen, alsdann von der Methode, mittelst derselben die specifischen Gewichte der Körper zu bestimmen.

165.

Aräometer.

Ein **Aräometer** (Araeometrum, — Maß der Dünne; Hygrobaroscopium, Baryllion) ist ein Werkzeug, durch seine **Einsenkung** in die **Flüssigen**, die specifischen Gewichte derselben zu bestimmen.

Die **Einrichtung** eines Aräometers ist so, daß man entweder an einer Scale die Grade der **Einsenkung** beobachtet, oder dieselbe **Einsenkung** in verschiedenen Flüssigen durch aufgelegte Gewichte bewirkt, und darnach die grössere oder kleinere **Dichtigkeit der Flüssigen** — ihr specifisches Gewicht bezeichnet.

Wir besitzen auch wirklich Aräometer von zweierlei **Einrichtungen** — von unveränderlichem und veränderlichem Gewichte.

166.

166.

Das Aräometer von unveränderlichem Gewichte besteht aus einer Kugel von dünnem Glase, an welche oben ein Stiel oder Hals, und unten ein Kügelchen angeblasen ist. Im Kügelchen befindet sich etwas Schrot oder Quecksilber, dessen Gewicht den Schwerpunct des ganzen Instruments tief senkt, damit es, in dem Flüssigen schwimmend, aufrecht stehe. Dieses Werkzeug taucht sich dann in einem dünnen Flüssigen tiefer, in einem dichtern weniger tief unter, oder:

Wenn ein Aräometer von unveränderlichem Gewichte in zweierlei Flüssige gesenkt wird, so verhalten sich die Dichtigkeiten, oder die specifischen Gewichte derselben umgekehrt, wie die Räume, um welche sich ein Aräometer einsenkt (162.).

* Der Hals eines solchen Aräometers wird durch sorgfältige Einsenkungen graduirt; oder, man bestimmt durch Einsenkung zwei fixe Puncte, und theilt den Zwischenraum gleich ein. —

** Das angezeigte Aräometer wird noch aus andern Materien, aus Metall, Holz, Horn,

Horn, Bernstein u. a. in verschiedenen Formen verfertigt; sein Gebrauch oft nur auf Proben der Dichtigkeit des Biers, der Salzsolen u. d. gl. beschränkt, und daher Bier- Sol- Wagen u. d. gl. benennt.

167.

Das Aräometer von veränderlichem Gewichte ist von dem vorigen nur dadurch unterschieden, daß der Hals ein Merkzeichen erhält, und oben mit einer Schaale für Gewichte versehen wird. Man nennt es das allgemeine Fahrenheitische Aräometer. — Nicholson, Hahn u. a. haben an diesem Werkzeuge Verbesserungen angebracht.

Bei den Versuchen mit diesem Aräometer, senkt man es in destillirtes Wasser, und beschwert es mit Gewichte, bis es zum Merkzeichen am Halse, gesunken ist; hierauf bringt man dasselbe Werkzeug in andere Flüssige, und belegt es mit Gewichte bis zu derselben Einsenkung: der Unterschied dieser Gewichte gibt den Unterschied der specifischen Gewichte. — Oder:

Wenn ein Aräometer von veränderlichem Gewichte in zweierlei Flüssige bis zu gleicher Tiefe (bis zu dem Merkzeichen)

chen) eingesenkt wird, so verhalten sich ihre Dichtigkeiten, als wie die Gewichte, die man in beiden Fällen aufgelegt, und dadurch eine gleiche tiefe Einsenkung bewirkt hat (162.).

168.

Das Experimentiren mit gedachten Werkzeugen,
die vorzuzeigen,
und ihre Behandlungsweisen zu lehren
sind,
fordert viele Vorsicht. Schon Nollet schrieb **Maßregeln** vor, die das Verfahren leiten sollen, und die aus den hydrostatischen Gesetzen und anderweitigen physikalischen Kenntnissen hervorgehen:

1. Die Flüssigen, in denen die aräometrischen Versuche angestellt werden, müssen immer **dieselbe Temperatur** haben (163.);

2. Der **Hals** der Aräometer von unveränderlem Gewichte muß durchgehens von gleicher Dicke, **vollkommen cylindrisch** sein; denn sonst haben die gleichen Theile der Scale keinen gleichen Umfang, und sinken dann ungleich ein (159.);

3. Die Aräometer müssen im Flüssigen ge-

nau senkrecht stehen, sonst ist der Punct der tiefsten Einsenkung nicht richtig zu bemerken.

4. Das Instrument muß sehr rein gehalten, und vor dem Einsenken sorgfältig abgetrocknet, von aller anhängenden Luft, oder von Wasserbläschen befreit werden; denn sonst wird sein Umfang vergrössert u. d. gl.

5. Einige Flüssige erheben sich an den Stielen der Aräometer durch Adhäsion, einige sinken etwas um dieselben, und machen den Punct der Einsenkung unsicher. —

* Alle diese Vorsichten können indeß nicht allen Fehlern, die hier statt finden können, vorbeugen. Vorzüglich schwierig läßt die Beobachtung der Puncte der Einsenkung; auch sind die Stiele, zumal die aus Glas, selten genau cylindrisch bearbeitet u. s. w. Alsdann ist der Gebrauch blos auf Bestimmung specifischer Gewichte der Flüssigen eingeschränkt.

169.

Hydrostatische Wage.

Eine hydrostatische Wage kommt im Wesentlichen mit einer gewöhnlichen Wage überein; blos ist sie sehr empfindlich, fein, und zum Einsenken der Körper in das Flüssige bequem eingerichtet.

Die

Die Haupteinrichtung einer hydrostatischen Wage zu diesem Zwecke besteht darinn,

daß die Schaalen unten Hacken haben, und der Wagbalken entweder auf eine Stütze gestellt ist, die man leicht und sanft bewegen, und dadurch die an den Hacken aufgehängten Körper in das Flüssige einsenken, und aus demselben wieder herausheben; oder die auf einem Gefässe auffitzt, das mit zwei andern so in Verbindung steht, daß das Flüssige zu den aufgehängten Körpern zu- und von ihm ab-gelassen werden kann.

* Darauf beruht eine zweifache Einrichtung hydrostatischer Wagen: von der ersten ist die von Leupold, von der zweiten die von Brisson (Wolffs nützliche Versuche. Halle 1721. I. Th. — Brisson. diction. raisonné de Physique. Art. Balance hydrostatique). — Von Branders hydrostatischer Wage, und von der Manipulation mit derselben, wie mit andern, im Experimental-Collegium.

170.

Methode, mittelst einer hydrostatischen Wage die specifischen Gewichte der Körper zu bestimmen.

Die Methode, die specifischen Gewichte der Kör-

Körper zu bestimmen, soll sich auf alle körperliche Substanzen — auf feste und flüssige erstrecken, um allen Forderungen genug zu thun: dazu dient auch die hydrostatische Wage. Wir haben uns daher damit zu befassen, daß wir mittelst der hydrostatischen Wage bestimmen

1. die specifischen Gewichte der Flüssigen;
2. die der festen, an und für sich; und dann
3. in Vergleich derselben mit den Flüssigen.

* Die Versuche sind nach dem, was wir anderswo lehrten (163.), bei der nemlichen Temperatur, und bei dem nemlichen Luftdrucke anzustellen.

171.

Bestimmung der specifischen Gewichte flüssiger Substanzen. Ein fester Körper, der an dem einen Arme der hydrostatischen Wage senkrecht herabhängt, wird in ein beliebiges Flüssige, z. B. in Wasser, eingetaucht: der Körper verliert so viel von seinem Gewichte, als das Flüssige, das Wasser, von seinem Umfange wiegt. Der **Gewicht-Verlust** des eingetauchten Körpers zeigt also das **Gewicht des Flüssigen unter demselben Volumen** an.

* Z. B. ein Cubiczoll Blei wäge in freier Luft 12 Loth, verlöre aber in dem Wasser $1\frac{1}{2}$

Loth,

Loth, so wäre das Gewicht eines Cubiczolls Wasser = 1 $\frac{1}{2}$ Loth.

** Wiegt man einen Cubiczoll Blei itzt im Wasser, dann im Oele, im Brantwein u. s. w., und beobachtet, wie viel Gewicht er in einem jeden verliert, so zeigt der **Gewichtverlust** in jedem das **Verhältniß** ihrer specifischen Gewichte an. Nemlich, nennen wir das Gewicht eines Cubiczolles Wasser P, und das eines Brantweins *p*, so ist der Theil des Gewichtes, welchen das Blei im Wasser verliert, zu dem Verlust, den es im Brantwein leidet, wie P : *p*. Da nun die specifischen Schweren der Körper sich wie die Gewichte unter gleichem Umfange verhalten (160), so verhält sich das specifische Gewicht des Wassers zu dem des Brantweins wie P : *p*.

172.

Bestimmung der specifischen Gewichte der festen Körper an und für sich betrachtet. Man hängt zwei **ungleichartige Körper** von **gleichem Gewichte** an den einen und den andern Wagbalken einer hydrostatischen Wage, taucht dann beide zugleich unter Wasser, oder unter ein anderes Flüssige. Der Körper von kleinerem Volumen zeigt ein **Uebergewicht.** Man legt dann auf die andere Seite so viele Gewich-

wichte auf, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt ist. Nun eben diese hinzugelegten Gewichte zeigen die Differenz an, welche zwischen den beiden Körpern in Hinsicht ihrer specifischen Gewichte statt findet.

* Es werde Gold und Silber von demselben Gewichte eingesenkt. Das Gewicht des Goldes sei G, das des Silbers g: der im Wasser verlorne Gewichtstheil des Goldes sei *b*, der des Silbers *a*; der Rauminhalt des Goldes heiße *v*, der des Silbers V: es verhält sich

G : g = V : *v* (162.)
b : *a* = *v* : V.
a : *b* = V : *v*:

also G : g = *a* : *b*, das heißt: die specifischen Gewichte zweier festen ungleichartigen Körper von demselben absoluten Gewichte verhalten sich verkehrt, wie die im Flüssigen verlornen Gewichte. —

** Darauf stützt sich der richtige Schluß, daß, wenn zwei Gold- oder Silber-Münzen gleiches Gewicht haben, unter Wasser aber ungleich wägen, die eine unächt sein müsse, die nemlich, welche mehr von ihrem Gewichte verliert: mithin auch von grösserem Umfange, somit von schlechterer Qualität ist. — Nach demselben Gesetze läßt sich die berühm-

rühmte Aufgabe lösen, die der König Hiero von Syracus dem Archimedes gemacht haben soll, diese Aufgabe: ob die vom Künstler verfertigte Krone aus Gold unverfälscht geblieben sei? — Es sei ABML (Fig. 43. Taf. II.) ein mit Wasser bis *dm* gefülltes Gefäß; in dieses wird eine Masse reines Goldes = dem Gewichte der Krone hineingelegt. Das von der Stelle getriebene Wasser steigt empor z. B. bis *fn*. Diese Höhe wird bemerkt, die Goldmasse aus dem Wasser genommen, und die Krone in dasselbe hineingebracht: das Wasser erhebe sich bis *e*: daraus folgt, die Krone sei verfälscht (162.). — Es läßt sich vermuthen, der Arbeiter habe nichts geringeres, als Silber beigemischt. Nun entsteht weiter die Frage: **wie viel Silber beträgt diese Beimischung?** — Man bringt itzt rohes, reines Silber = dem Gewichte der Krone in das Wasser, dieses erhebe sich bis Q. Es wird vorausgesetzt, das specifische Gewicht des Silbers verhalte sich zu dem des Goldes = 11 : 19. Der Raum über *dm* wird in gleiche Theile getheilt. Wenn *df* (der Raum, den das Gold einnimmt) = 11 solcher Theilchen, *d*Q, (der Raum, den das Silber einnimmt) = 19 derselben enthält, so verhält sich der Umfang des Goldes zu dem des Silbers = *df* : *d*Q, mithin das Gewicht des Goldes zu dem des

Sil-

Silbers = $dQ : df$ (162.). Ist nun, wie wir setzten, durch die Einsenkung der Krone das Wasser bis e gestiegen: so enthält der Raum, den die Krone einnimmt, 13 Theilchen, woraus sich dann unschwer ergibt das Verhältniß des Gold- und Silbergehaltes der Krone.

173.

Bestimmung der specifischen Gewichte der festen Körper in Vergleich mit den flüssigen. Nach dem Vorhergehenden verhält sich der Theil des Gewichtes, den ein fester Körper im Flüssigen verliert, wie das Gewicht des Flüssigen unter demselben Inbegriffe (volumen): es ist daher durchweg das specifische Gewicht eines festen Körpers zu dem specifischen Gewichte des Flüssigen, wie sein ganzes Gewicht zu dem Theile, welcher im Flüssigen verloren geht.

* Um das ganze (absolute) Gewicht eines festen Körpers zu finden, wiegt man ihn im luftleeren Raume, oder in freier Luft, weil hierinn der Unterschied unbedeutend ist. Der Gewichtverlust im Flüssigen gleicht dem Gewichte des Flüssigen unter demselben Rau-

me, also = dem Unterschiede dessen, was der feste Körper in freier Luft und in dem Wasser wiegt; demnach kann das Verhältniß auch so ausgedrückt werden: es verhält sich das specifische Gewicht des festen Körpers zum specifischen Gewichte des Flüssigen, wie das Gewicht des festen Körpers in freier Luft, zum Unterschiede des in der Luft und im Wasser gefundenen Gewichts. — Z. B. ein Thaler von gutem Silber wägt 466 Gran; in Wasser untergetaucht verliert er am Gewichte 45 Gran: es verhält sich daher das specifische Gewicht des Silbers zu dem des Wassers = 466 : 45. Das Silber ist also $\frac{466}{45}$ = 10,255 gewichtiger, als Wasser. — Ueberhaupt findet man das specifische Gewicht eines festen Körpers, wenn man sein absolutes Gewicht durch den Unterschied (oder Gewichtverlust im Wasser) dividiret — das specifische Gewicht des Wassers = 1 vorausgesetzt. Um noch ein Beispiel zu geben, wäge man ein Stück Kupfer im Freien: es sey 36 Loth schwer; hierauf werde es unter Wasser getaucht gewogen: es zeige ein Gewicht von 32 Loth: der Gewichtverlust ist daher = 4; es verhält sich also das specifische Gewicht des Kupfers zu dem des Wassers, wie $\frac{36}{4}$ = 9 : 1.

** Wenn der feste Körper leichter ist als das Flüssige, so verbindet man mit ihm einen an=

andern festen, daß beide zusammen untertauchen. Man wägt jeden für sich im Freien, danu den schwerern im Wasser, hierauf beide zusammen im Wasser. Itzt zieht man das Gewicht des schwerern Körpers, das er im Wasser hat, von dem, das ihm in der Luft zukommt, ab; der Rest gibt das Gewicht des Wassers unter dem Inbegriffe des schwerern Körpers. Es wird ferner das Gewicht des Zusammengesetzten unter Wasser, von dem Gewichte desselben in der Luft, abgezogen, die Differenz ist das Gewicht des Wassers unter dem Raume des Zusammengesetzten. Subtrahirt man nun den ersten Gewichtverlust von dem zweiten, so erhält man das Gewicht des Wassers, das der specifisch leichtere Körper von der Stelle treibt, und das er im Wasser verloren hat. Mit dieser Zahl dividirt man dann das vorhin gefundene ganze Gewicht des Körpers, und so geht hervor das specifische Gewicht des leichtern Körpers im Verhältnisse zum Wasser = 1. — Alles dieses ist aus dem Vorhergehenden für sich selber klar.

*** Die Flüssigen werden in Ei-förmigen Gläsern untergetaucht; und ihr specifisches Gewicht wird sofort auf eine ähnliche Weise bestimmt.

174.

Die Arbeit des Abwägens der Körper mit der hydrostatischen Wage ist müheselig, zumal, wenn die Massen der Körper, deren specifisches Gewicht untersucht wird, sehr klein sind. Da nun dieses auch der Fall bei den Aräometern ist, so erhellet, man müsse sehr hochschätzen die Versuche und Rechnungen, welche von den Naturforschern zur Bestimmung specifischer Gewichte mit Genauigkeit angestellt worden sind. Marinus Ghetaldi (1603.), Henkel (1725), Muschenbröck (1762) — vorzüglich Brisson (1787) haben hierinn sich verdient gemacht. Ich füge eine der vollständigsten Tabellen über die specifischen Gewichte der verschiedensten Körper bei, welche Brisson bei einer Temperatur von 14 Graden angestellt, und die Berechnung auf den Cubiczoll und Cubicfuß ausgedehnt hat (Pesanteur specifique des corps etc. Uebersetzt von Dr. Hermbstädt im II. B. des Systems der antiphlog. Chemie des H. Lavoisier).

A. Metalle.

Namen d. Metalle.	Verschiedene Arten derselben.	Eigenthümliches Gewicht.	Gewicht eines Cubikzolles.	Gewicht eines Cubicfusses.
			Uz. Dr. Gr	Pf. Uz. Dr. Gr.
Gold	Geschmolzenes, nicht geschlagenes Gold von 24 Karat . .	192581	12 3 62	1334 1 0 41
	Geschmolzenes u. geschlagenes Gold	193617	12 4 28	1355 5 0 60
	Geschmolzenes, ungeschmiedetes Pariser Gold von 22 Karat	174863	11 2 48	1224 0 5 18
	Dasselbe geschmolzen und geschmiedet	175894	11 3 15	1231 4 1 2
	Gold wie es in Frankreich ausgemünzt wird von 21 $\frac{22}{32}$ Karat, geschmolzen	174022	11 2 17	1218 2 3 51
	Dasselbe ausgemünzt	176474	11 3 36	1235 5 0 51
	Geschmolzenes, ungeschmiedetes Gold von 20 Karat, wie es zu Bijouterien verarbeitet wird . .	157090	10 1 33	1099 10 0 46

A. Metalle.

Namen d. Metalle.	Verschiedene Arten derselben.	Eigenthümliches Gewicht.	Gewicht eines Cubikzolles.	Gewicht eines Cubicfusses.
			Uz. Dr. Gr	Pf. Uz. Dr. Gr.
Gold	Dasselbe geschmolzen und geschmiedet	157746	10 1 57	1104 3 4 30
	Geschmolzenes, ungeschmiedetes Silber von 12 Denier . .	104743	6 6 22	733 3 1 52
	Dasselbe geschmiedet .	105107	6 6 36	735 11 7 43
Silber	Pariser Silber 11 Denier 10 Gran, geschmolzen und ungeschmiedet	101752	6 4 55	712 4 1 57
	Dasselbe geschmolzen und geschmiedet	103765	6 5 58	726 5 5 32
	Geschmolzenes, ungeschmiedetes Silber, aus der französischen Münze von 10 Denier 21 Gr.	100476	6 4 7	703 5 2 36
	Dasselbe ausgemünzt .	104077	6 5 70	728 8 4 71
Platinum	Rohes Platinum i. Körnern	156017	10 0 65	1092 1 7 17
	Dasselbe durch Salzsäure gereinigt	167521	10 6 62	1172 10 2 59

A. Metalle.

Namen d. Metalle.	Verschiedene Arten derselben.	Eigenthümliches Gewicht.	Gewicht eines Cubikzolles.	Gewicht eines Cubicfusses.
			Uz. Dr. Gr	Pf. Uz. Dr. Gr.
Platinum	Dasselbe gereinigt und geschmolzen .	195000	12 5 2	1365 0 0 0
	Dasselbe gereinigt und geschmiedet .	203366	13 1 32	1423 8 7 67
	Dasselbe in Drath gezogen	210417	13 5 8	1472 14 5 46
	Dasselbe in Platten geschlagen .	220690	14 2 31	1544 13 2 17
Kupfer	Geschmolzenes u geschmiedetes Kupfer	77880	5 0 28	545 2 4 35
	Kupferdrath	88785	5 6 3	621 7 7 26
	Geschmolzenes u. geschmiedetes Messing	83938	5 3 38	587 11 2 26
	Messingdrath	85441	5 4 22	598 1 3 10
Eisen	Geschmolzenes Eisen .	72070	4 5 27	504 7 6 52
	In Barren geschmiedetes, gehämmertes und ungehämmertes Eisen	77880	5 0 28	545 2 4 35
	Ungehärteter und ungehämmerter Stahl	78331	5 0 44	548 5 0 40
	Gehärteter u. ungehämmerter Stahl .	78404	5 0 47	548 13 1 71

A. Metalle.

Namen d. Metalle.	Verschiedene Arten derselben.	Eigenthümliches Gewicht.	Gewicht eines Cubikzolles.	Gewicht eines Cubicfusses.
			Uz. Dr. Gr	Pf. Uz. Dr. Gr.
Eisen	Gehärteter u. in der Folge gehämmerter Stahl . .	78180	5 0 39	547 4 1 20
	Gehärteter u. nicht gehämmerter Stahl .	78163	5 0 38	547 2 2 3
	Reines, geschmolzenes u. nicht gehämmertes Zinn von Kornwallis	72914	4 5 58	510 6 2 68
Zinn	Dasselbe geschmolzen und gehämmert	72994	4 5 61	510 15 2 45
	Geschmolzenes ungehämmertes Malaka Zinn . .	72963	4 5 60	510 11 6 61
	Dasselbe geschmolzen und gehämmert	73065	4 5 64	511 7 2 17
Blei	Geschmolzen	113523	7 2 62	794 10 4 44
Zink	Geschmolzen	71908	4 5 21	503 5 5 41
Wismut.	Geschmolzener Wismuth	98227	6 2 67	687 9 3 28
Kobold	Geschmolzener Kobold .	78119	5 0 36	546 13 2 45
Spiesglanz	Geschmolzenes Antimonium . .	67021	4 2 54	469 2 2 59
	Rohes Antim.	40643	2 5 5	284 8 0 9

A. Metalle.

Namen d. Metalle.	Verschiedene Arten derselben.	Eigenthümliches Gewicht.	Gewicht eines Cubikzolles.	Gewicht eines Cubicfusses.
			Uz. Dr. Gr	Pf. Uz. Dr. Gr.
Spiesglanz	Spiesglanzglas	49464	3 1 47	346 3 7 64
Arsenik	Geschmolzener	57633	3 5 64	403 6 7 12
Nikkel	Geschmolzener	78070	5 0 35	546 7 6 52
Molybdän		47385	3 0 41	331 11 1 69
Tungstein		60665	3 7 33	424 10 3 60
Queckſilber		135681	8 6 25	949 12 2 13

B. Edelsteine.

Diamant	Weißer, orientalischer	35212	2 2 19	246 7 5 69
	Rosenrother orientalischer Diamant	35310	2 2 22	247 2 5 55
Rubin	Orientalischer Rubin	42833	2 6 15	299 13 2 26
	Rubiſpinell	37600	2 3 36	263 3 1 43
	Rubibalais	36458	2 2 65	255 3 2 26
	Brasilianischer Rubin	35311	2 2 22	247 2 6 47
Topas	Orientalischer Topas	40106	2 4 57	280 11 6 70
	Pistacienfarbener orientalischer Topas	40615	2 5 4	284 4 7 3
	Brasilianischer	35365	2 2 24	247 8 7 3

B. Edelsteine.

Namen d. Edelsteine	Verschiedene Arten derselben.	Eigenthümliches Gewicht.	Gewicht eines Cubikzolles.	Gewicht eines Cubicfusses.
			Uz. Dr. Gr	Pf. Uz. Dr. Gr.
Topas	Sächsischer Topas . .	35640	2 2 35	249 7 5 32
	Weißer sächsischer Topas	35535	2 2 31	248 11 7 26
Saphir	Orientalischer Saphir	39941	2 4 51	279 9 3 10
	Weißer orientalischer Saphir	39911	2 4 50	279 6 0 18
	du Puy . . .	40769	2 5 10	285 6 1 2
	Saphir .	31307	2 0 17	219 2 3 5
Chrisopras	Chrisopras	40000	2 4 53	280 0 0 0
Zirkon	Zirkon aus Zeilon . .	44161	2 6 65	309 2 0 18
Hyacinth	Gemeiner Hyacinth .	36873	2 3 9	258 1 5 22
Vermeill	Vermeill	42299	2 5 67	296 1 3 65
Granat	Böhmischer Granat . .	41888	2 5 52	293 3 3 47
	Dodekaedrisch crystallisirter	40627	2 5 5	284 6 1 57
	Vulkanischer Granat in 24 seitigen Crystallen . .	24684	1 4 58	172 12 4 62
	Syrischer	40000	2 4 53	280 0 0 0
Smaragd	Schmaragd von Peru . .	27755	1 6 28	194 4 4 35
Chrisolith	Chrisolith der Juwelierer .	27821	1 6 31	194 11 7 44

B. Edelsteine.

Namen d. Edelsteine	Verschiedene Arten derselben.	Eigenthümliches Gewicht.	Gewicht eines Cubikzolles.	Gewicht eines Cubicfusses.
			Uz. Dr. Gr	Pf. Uz. Dr. Gr.
Chrisolith	Brasilianischer Chrisolith	26923	1 5 69	188 7 3 1
Aquamarin	Aquamarin, oder Beryll orientalischer .	35489	2 2 29	248 6 6 10
	Occidentalischer Beryll .	27227	1 6 8	190 9 3 28
C.	Kieseligte Steine.			
Bergcrystall	Heller Bergcrystall von Madagaskar	26530	1 5 54	185 11 2 64
	Brasilianis. Bergcrystall	26526	1 5 54	185 10 7 21
	Trüber oder europäischer Bergcrystall	26548	1 5 55	185 13 3 1
Quarz	Crystallisirter	26546	1 5 55	185 13 1 16
	Derber Quarz	26471	1 5 52	185 4 6 1
Sandstein	Sandstein zum Pflastern	24158	1 4 38	169 1 5 41
	Schleifstein	21429	1 3 8	150 0 0 28
	Filtrirstein	21113	1 2 68	147 12 5 18
	Glänzender Sandstein von Fontaineblau	25616	1 5 20	179 4 7 67
	Wetzstein von mittlerm Korn aus Auvergne	25638	1 5 21	179 7 3 47
	Wetzstein von Lorame . .	25298	1 5 8	177 1 3 1

C. Kieseligte Steine.

Namen der Kieselsteine.	Verschiedene Arten derselben.	Eigenthümliches Gewicht.	Gewicht eines Cubikzolles.	Gewicht eines Cubicfusses.
			Uz. Dr. Gr	Pf. Uz. Dr. Gr.
Agath	Orientalischer Agath	25901	1 5 31	181 4 7 21
	Onix-Agath	26375	1 5 49	184 10 0 0
Calcedon	Calcedon, heller . .	26640	1 5 59	186 7 5 32
Karn.	Karneol .	26137	1 5 40	182 15 2 54
Sardonix	Reiner Sardonix . . .	26025	1 5 36	182 2 6 39
Pras.	Prasem .	25805	1 5 27	180 10 1 20
Feuerstein	Hellgrauer	25941	1 5 32	181 9 3 10
	Schwarzer	25817	1 5 28	180 11 4 2
Kiesel	Onixartiger	26644	1 5 59	186 8 1 2
	Kiesel de Rennes . .	26538	1 5 55	185 12 2 3
Mühlstein	Mühlstein	24835	1 4 63	173 13 4 12
Jade	Weiße Jade	29502	1 7 21	206 8 1 57
	Grüne .	29660	1 7 27	207 9 7 26
Jaspis	Rother Jaspis	26612	1 5 58	186 4 4 25
	Brauner .	26911	1 5 69	188 6 0 18
	Gelber . .	27101	1 6 4	189 11 2 36
	Violetter .	27111	1 6 4	189 12 3 33
	Grüner . .	27640	1 6 24	193 7 5 32
	Bandjaspis	28160	1 6 43	197 1 7 26
Schörl	Sechsseitiger, säulenförmig crystallisirter, schwarz Schörl	33636	2 1 32	235 7 1 62
	Spatförmig. schwarzer .	33852	2 1 40	236 15 3 28
	dichter schwarzer Schörl oder Basalt . . .	29225	1 7 11	204 9 1 43

D. Thon- oder alaunartige Steine.

Namen d. Steine.	Verschiedene Arten derselben.	Eigenthümliches Gewicht.	Gewicht eines Cubikzolles.	Gewicht eines Cubicfusses.
			Uz. Dr. Gr	Pf. Uz. Dr. Gr.
Serpent.	Serpentinstein aus Italien . .	24295	1 4 43	170 1 0 23
Stratit.	Grobe Kreide von Briançon . . .	27274	1 6 10	190 14 5 56
	Spanische Kreide . .	27902	1 6 34	195 5 0 14
	Blättrichter Topfstein von Dauphinee .	27687	1 6 26	193 12 7 40
	Blättrichter Topfstein aus Schweden .	28531	1 6 57	199 11 3 56
Talk.	Russischer T. oder Glimmer	27917	1 6 34	195 6 5 46
	Schwarzer Glimmer .	29004	1 7 3	203 0 3 42
Schiefer	Gemeiner Schiefer .	26718	1 5 61	187 0 3 24
	Dachschiefer	28535	1 6 57	199 11 7 26
	Weißer Scheermesserstein oder Wetzschiefer . .	28763	1 6 66	201 5 3 47
	Weiß und schwarzer Wetzschiefer . .	31311	2 0 17	219 2 6 47

E. Kalkerdigte Steine.

Namen d. Steine.	Verschiedene Arten derselben.	Eigenthümliches Gewicht.	Gewicht eines Cubikzolles.	Gewicht eines Cubicfusses.
			Uz. Gr. Dr	Pf. Uz. Dr. Gr.
Kalkspath	Isländischer rhomboidal.	27151	1 6 6	190 0 7 21
	Pyramidalförmiger Kalkspath . .	27141	1 6 5	189 15 6 24
Alabaster	Orientalischer	27302	1 6 11	191 2 6 42
Marmor	Grünfleckigter	27417	1 6 16	191 14 5 46
	Rothfleckigter	27242	1 6 9	190 11 0 60
	Weißer carrarischer . .	27168	1 6 6	190 2 6 38
	Weißer Marmor von Paros	28376	1 6 51	198 10 0 65
Kalkerdige Bausteine	Stein von St. Leu aus den Kalchbrüchen von St. Leu	16593	1 0 43	116 2 3 24
	Stein von St. Leu aus den Kalchbrüchen denotreDame	18094	1 1 28	126 10 4 16
	Sehr grobkörnigter Stein v. Vergalat .	16542	1 0 42	115 12 5 46
	Harter Stein aus dem Kalksteinbruch der Mad Ricateau	20778	1 2 56	145 7 1 6
	Desgleichen aus den Kalchbrüchen des H. Dry . . .	23902	1 4 28	167 5 0 14

E. Kalkerdige Steine.

Namen d. Steine.	Verschiedene Arten derselben.	Eigenthümliches Gewicht.	Gewicht eines Cubikzolles.	Gewicht eines Cubicfusses.
			Uz. Dr. Gr	Pf. Uz. Dr. Gr.
Kalkerdige Bausteine	Stein aus Brüchen von Boure . .	13864	0 7 14	97 1 6 10
	Stein von Passy bei Tonnerre . . .	23340	1 4 7	163 6 0 46

F. Spathe.

Schwerspath	Weißer Schwerspath	44300	2 6 70	310 1 4 58
Flußspath	Weißer .	31555	2 0 26	220 14 1 20
	Rother . .	31911	2 0 39	223 6 0 18
	Grüner . .	31817	2 0 36	222 11 2 17
	Blauer . .	31688	2 0 31	221 13 0 32
	Violetter .	31757	2 0 34	222 4 6 20
Zeolith	Rothglänzender Zeolith von Oedelfors .	24868	1 4 64	174 1 1 52
	Weißglänzender . . .	20739	1 2 54	145 2 6 10
	Crystallisirter	20833	1 2 58	145 13 2 26

G. Pechsteinarten.

Pechstein	Schwarzer Pechstein . .	20499	1 2 45	143 7 7 7
	Gelber . . .	20860	1 2 59	146 0 2 40
	Rother . . .	26695	1 5 61	186 13 6 52
	Schwärzlichter Pechstein	23191	1 4 2	162 5 3 10

H. Gemischte Steinarten.

Namen d. Steine.	Verschiedene Arten derselben.	Eigenthümliches Gewicht.	Gewicht eines Cubikzolles.	Gewicht eines Cubicfusses.
			Uz. Dr. Gr	Pf. Uz. Dr. Gr.
Porphir	Rother Porphir . .	27651	1 6 24	193 8 7 21
	Rother Porphir von Dauphinee . . .	27933	1 6 35	195 8 3 70
Oph. Gran.	Ophit . .	29722	1 7 30	208 0 6 66
	Granitello	30626	1 7 63	214 6 0 65
Granit	Rother egyptischer . . .	26541	1 5 55	185 12 4 53
	Schön rother Granit de la Vallee de Girardmas . .	27609	1 6 23	193 4 1 48
		27163	1 6 6	190 2 2 3

J. Vulkanische Steinarten.

Vulkanische Steine	Bimsstein	9145	0 4 53	64 0 1 66
	Obsidian	23480	1 4 13	164 5 6 6
	Pierre de Volvic . .	23205	1 4 2	162 6 7 49
	Basalt de la chaussée des Gèans . . .	28642	1 6 61	200 7 7 17
	Säulenförmiger Basalt von Auvergne	24215	1 4 40	169 8 0 46
	Basalt Pierre de touche genannt . .	24153	1 4 38	169 1 1 6

K. Künstliche Gläser und Vitrificationen.

Namen d. Natural.	Verschiedene Arten derselben.	Eigenthümliches Gewicht.	Gewicht eines Cubikzolles.	Gewicht eines Cubicfusses.
			Uz. Gr. Dr	Pf. Uz. Dr. Gr.
Gläser.	Eisenschlacke	28548	1 6 58	199 13 3 1
	Grün Bouteillen-Glas	27325	1 6 12	191 4 3 14
	Gemeines grünes Glas	26423	1 5 50	184 15 3 1
	Weisses französ. Crystall-Glas . . .	28922	1 7 0	202 7 2 8
	Spiegelglas von St. Gobin	24882	1 4 65	174 2 6 20
	Englisch Flint-Glas	33293	2 1 19	233 0 6 38
	Borax-Glas	26070	1 5 37	142 7 6 52
Porzellan	Hartes Porzellan . . .	21457	1 3 9	150 3 1 34
	Porzellan v. Limoges . .	23410	1 4 10	163 13 7 26
	Chinesisches Porzellan . .	23847	1 4 26	166 14 6 66
L. Brennbare Materien.				
Schwefel.	Gediegener Schwefel . .	20332	1 2 39	142 5 1 34
	Geschmolzener	19907	1 2 23	139 5 3 56
Erdharze	Dichte Steinkohle	13292	0 6 64	93 0 5 46
	Grauer Amber	9263	0 4 58	64 13 3 47
	Börnstein .	10780	0 5 42	75 7 2 63

M. Flüssige.

Arten.	Verschiedenheiten.	Eigenthümliches Gewicht.	Gewicht eines Cubikzolles.	Gewicht eines Cubicfusses.
			Uz. Dr. Gr.	Pf. Uz. Dr. Gr
Wässer	Destillirtes	10000	0 5 13 1/3	70 0 0 0
	Regenwasser	10000	0 5 13 1/3	70 0 0 0
	Filtrirtes Seinewasser	10001,5	0 5 13,4	70 0 1 25
	Eeau d'Arcueil	10004,6	0 5 13,5	70 0 4 9
	Wasser der Stadt d'Avray	10004,3	0 5 13,5	70 0 3 61
	Meerwasser	10263	0 5 23	71 1 3 3 47
	Asphaltisches Wasser aus d. todten Meere	12403	0 6 31	86 13 1 6

N. Geistige.

Weine	Burgunder-Wein . . .	9915	0 5 10	69 6 8 62
	Bordeauer	9939	0 5 11	69 9 1 25
	Maderawein	10382	0 5 28	72 10 6 20
	Braunbier	10338	0 5 26	72 5 6 61
	Weißbier .	10231	0 5 22	71 9 6 70
	Cider . . .	10181	0 5 20	71 4 2 13
Weingeist	Gemeiner Brantwein .	8371	0 4 25	58 9 3 30
	Alkoholisirter Weingeist .	8293	0 4 22	58 0 6 38

N. Geistige.

Arten.	Verschiedenheiten.	Eigenthüml. Gewicht.	Gewicht eines Cubikzolles.	Gewicht eines Cubicfusses.
	Alkohol mit Wasser gemischt.			
	Alkohol. Wasser		Uz. Dr. Gr	Pf. Uz. Dr. Gr.
Weingeist	15 Theile 1 Th.	8527	0 4 30	59 11 0 14
	14 — 2 —	8674	0 4 36	60 11 4 3
	13 — 3 —	8815	0 4 41	61 11 2 17
	12 — 4 —	8947	0 4 46	62 10 0 37
	11 — 5 —	9075	0 4 51	63 8 3 14
	10 — 6 —	9199	0 4 55	64 6 2 22
	9 — 7 —	9317	0 4 60	65 3 4 2
	8 — 8 —	9427	0 4 64	65 45 6 43
	7 — 9 —	9519	0 4 67	66 10 1 2
	6 — 10 —	9598	0 4 70	67 2 7 58
	5 — 11 —	9674	0 5 0	67 11 3 66
	4 — 12 —	9733	0 5 3	68 2 0 55
	3 — 13 —	9791	0 5 6	68 8 4 53
	2 — 14 —	9852	0 5 8	68 15 3 28
	1 — 15 —	9919	0 5 10	69 6 7 31
Aetherarten	Schwefeläther	7396	0 3 60	51 22 2 59
	Salpeteräther	9088	0 4 51	63 9 6 61
	Meersalzäther	7296	0 3 56	51 1 1 16
	Essigäther .	2664	0 4 35	60 10 2 68

O. Saure.

Mineralsäuren	Schwefelsäure	18409	1 1 39	128 13 6 33
	Salpetersäure	12715	- 6 43	89 0 0 46
	Meersalzsäure	11940	- 6 14	83 9 2 17

O. Saure.

Arten.	Verschiedenheiten.	Eigenthüml. Gewicht.	Gewicht eines Cubikzolles.	Gewicht eines Cubicfusses.
			Uz. Dr. Gr	Pf. Uz. Dr. Gr.
Pflanzensäuren	Braune Essigsäure	10251	0 5 23	71 12 0 65
	Weiße Essigsäure	10135	0 5 18	70 15 0 69
	Destillirter Essig	10095	0 5 17	70 10 5 9
	Concentrirte Essigsäure	10626	0 5 37	74 6 0 65
Thiersäure	Ameisensäure	9970	0 5 11	69 9 4 2
Ammoniak	Tropfbares Ammoniak	8970	0 4 47	62 12 5 9

P. Oeligte.

Aetherische Oele	Terpentinöl	8697	0 4 37	60 14 0 37
	Flüssiger Terpentin	9910	0 5 10	69 5 7 26
	Lavendelöl	8938	0 4 46	61 9 0 32
	Nelkenöl	10363	0 5 27	72 8 5 18
	Zimmetöl	10439	0 5 30	73 1 1 25
Fette Oele	Olivenöl	9153	0 4 54	64 1 1 6
	Süß Mandelöl	9170	0 4 54	64 3 0 23
	Leinöl	9403	0 4 63	65 13 1 6
	Mohnöl	9288	0 4 57	64 10 5 18
	Bucheckeröl	9176	0 4 55	64 3 5 50
	Fischthran	9233	0 4 57	64 1 0 55

Q. Animalische.

Arten.	Verschiedenheiten.	Eigenthüml. Gewicht.	Gewicht eines Cubikzolles.	Gewicht eines Cubicfusses.
			Uz. Dr. Gr	Pf. Uz. Dr. Gr.
Animalische Flüssige	Frauenmilch	10203	0 5 21	71 6 5 61
	Pferdemilch	10346	0 5 26	71 6 6 1
	Eselsmilch	10355	0 5 27	72 7 6 6
	Ziegenmilch	10341	0 5 26	72 6 1 39
	Schaafmilch	10409	0 5 29	72 13 6 31
	Kuhmilch .	10324	0 5 25	72 4 2 22
	Molke von Kuhmilch . .	10193	0 5 20	71 5 4 67
	Menschlicher Urin	10106	0 5 17	70 1 6 70
R. Vegetabilische u. animalische Substanzen.				
Harze	Fichtenharz, gelbes u. weißes	10727	0 5 40	75 1 3 28
	Schiffpech .	10857	0 5 45	75 15 7 63
	Galipot — (Harz?) . .	10819	0 5 54	75 11 5 59
	Kalophonium	10441	0 5 30	73 1 3 10
	Sandarak .	10920	0 5 48	76 7 0 23
	Mastix . .	10742	0 5 41	75 3 0 60
	Storax . .	11098	0 5 54	77 10 7 58
	Dichter Kopal	11398	0 5 28	72 12 4 44
	Durchsichtiger Kopal	10452	0 5 30	73 2 4 71
	Kopal von Madagascar .	10600	0 5 36	74 3 1 43
	Chines. Kopal	10628	0 5 37	74 6 2 60
	Elemi-Harz	10182	0 5 20	71 4 3 5

R. Vegetabilische u. animalische Substanzen.

Arten.	Verschiedenheiten.	Eigenthüml. Gewicht.	Gewicht eines Cubikzolles.	Gewicht eines Cubicfusses.
			Uz. Dr. Gr	Pf. Uz. Dr. Gr.
Harze	Hülsenbaum-Harz orient. .	10284	0 5 24	71 15 6 33
	Occident. Hülsenbaum oder Anime-Harz . .	10426	0 5 29	72 15 5 50
	Ladanum .	11862	0 6 11	83 0 4 25
	Ladanum in Stangen . .	24933	1 4 67	174 8 3 78
	Quajakharz	12289	0 6 27	86 0 2 68
	Salappenharz	12185	0 5 23	85 4 5 55
	Drachenblut	12045	0 6 18	84 5 0 23
	Lagummiharz	11390	0 5 65	79 11 5 32
	Takamahak	10463	0 5 31	73 3 6 61
	Benzoeharz	10924	0 5 48	76 7 3 65
	Alouchi . .	10604	0 5 36	74 3 5 13
	Karannaharz	11244	0 5 60	78 11 2 45
	Elastisches .	9335	0 4 61	65 5 4 12
	Kamphor .	9887	0 5 9	69 3 2 54
Gummichte Harze	Ammoniakg.	12071	0 6 19	84 7 7 44
	Sagapeng.	12008	0 6 16	84 0 7 12
	Ephengummi	12948	0 6 51	90 10 1 29
	Gattágummi	12216	0 6 24	85 8 1 39
	Euphorbium	11244	0 5 60	78 11 2 45
	Weihrauch	11732	0 6 6	82 1 7 63
	Mirrhe . .	13600	0 7 4	95 3 1 43
	Bdellium .	13717	0 5 65	79 10 1 57
	Scammonium de Aleppo	12354	0 6 29	86 7 5 13
	Galbangummi	12120	0 6 20	84 13 3 52
	Assafötida .	13275	0 6 64	92 14 6 29
	Sarkokolla	12684	0 6 42	88 12 4 62
	Opopanax	16226	1 0 30	113 9 2 36

R. Vegetabilische u. animalische Substanzen.

Arten.	Verschiedenheiten.	Eigenthüml. Gewicht.	Gewicht eines Cubikzolles.	Gewicht eines Cubicfusses.
			Uz Dr. Gr	Pf. Uz. Dr. Gr.
Gummen	Gemeines Gummi	14817	0 7 49	103 11 4 2
	Arabisches	14523	0 7 38	101 10 4 42
	Traganth	13161	0 6 59	92 2 0 14
	Bassora	14346	0 7 32	100 6 6 1
	Acajou	14456	0 7 36	101 3 0 41
	Monbain	14206	0 7 26	99 7 0 41
Eingedickte Säfte	Lakritzensaft	17228	1 0 67	120 9 4 21
	Akaziensaft	15153	0 7 62	106 1 1 6
	Orlean	14573	0 7 40	102 0 1 29
	Catechuerde	13980	0 7 18	97 13 6 6
	Leberaloe	13586	0 7 3	95 1 5 4
	Sucrotrinische Aloe	13795	0 7 11	96 9 0 23
	Hypozistensaft	15263	0 7 66	106 13 3 47
	Opium	13366	0 6 67	93 8 7 3
Sätzmehle	Indigo	7690	0 3 71	53 13 2 17
	Roucou	5956	0 3 6	41 11 0 41
Wachs und Fettarten	Gelb Wachs	9648	0 5 0	67 8 4 44
	Weiß Wachs	9686	0 5 2	67 12 6 47
	Cire d'ouarouchi	8970	0 4 47	62 12 5 9
	Kakaobutter	8916	0 4 45	62 6 4 53
	Wollrat	9433	0 4 64	66 0 3 70
	Rindstalg	9132	0 4 57	64 9 7 63
	Kälbertalg	9341	0 4 61	65 6 1 39
	Hammelfett	9235	0 4 57	64 10 2 40
	Unschlitt	9419	0 4 64	65 14 7 31
	Schweineschmalz	9568	0 4 62	65 9 1 52
	Speck	9478	0 4 66	66 5 4 21
	Butter	9423	0 4 64	65 15 3 1

S. Hölzer.

Arten.	Verschiedenheiten.	Eigenthüml. Gewicht.	Gewicht eines Cubikzolles.	Gewicht eines Cubicfusses.
			Uz. Dr Gr	Pf. Uz. Dr. Gr.
	Inneres Holz von einer 60jährigen Eiche . .	11700	0 6 5	81 14 3 14
	Korkholz . .	2400	0 1 18	16 12 6 29
	Ulmbaumholz	6710	0 3 35	46 15 4 12
	Fresne: le tronc	8450	0 4 27	59 2 3 14
	Buchenholz	8520	0 4 30	59 10 1 66
	Erlenholz .	8000	0 4 11	56 0 0 0
	Ahornbaum	7550	0 3 66	52 13 4 58
	Nußbaumholz	6710	0 3 35	46 15 4 12
	Weidenholz	5850	0 3 2	40 15 1 43
	Lindenholz .	6040	0 3 9	42 4 3 60
Hölzer	Fichtenholz, männliches .	5500	0 2 61	38 8 0 0
	Fichtenholz, weibliches . .	4980	0 2 41	39 13 6 6
	Pappelbaumholz	3830	0 1 71	26 12 7 49
	Weißes span. Pappelholz .	5294	0 2 54	37 0 7 31
	Apfelholz .	7930	0 4 8	55 8 1 20
	Birnbaumholz	6610	0 3 31	46 4 2 40
	Quittenbaumholz	7050	0 3 47	49 5 4 58
	Mispelbaumholz	9440	0 4 64	66 1 2 17
	Pflaumenbaumholz . .	7850	0 4 5	54 15 1 43
	Olivenholz	9270	0 4 58	64 14 1 66

S. Hölzer.

Arten.	Verschiedenheiten.	Eigenthüml. Gewicht.	Gewicht eines Cubikzolles.	Gewicht eines Cubicfusses.
			Uz. Dr. Gr	Pf. Uz. Dr. Gr.
Hölzer	Kirschbaumholz	7150	0 3 51	50 0 6 29
	Haselstaudenholz	6000	0 3 8	42 0 0 0
	Französisches Buchsbaumh.	9120	0 4 52	63 13 3 37
	Holländisches Buchsbaumh.	13280	0 6 64	92 15 2 63
	Holländisches Taxbaumholz	7880	0 4 6	55 2 4 35
	Spanisches Taxbaumholz	8070	0 4 13	56 7 6 52
	Spanisches Cypressenholz	6440	0 3 24	45 1 0 55
	Thuya . .	5608	0 2 65	39 4 0 55
	Granatbaumholz	13540	0 7 1	94 12 3 60
	Spanisches Maulbeerbaumholz	8970	0 4 47	62 12 5 9
	Franzosen- oder Quajakholz	13330	0 6 66	93 4 7 49
	Orangenbaumholz . .	7050	0 3 47	49 5 4 58

T.

Specifische Gewichte verschiedener Luftarten bei einem Luftdrucke von 28 Zoll, und bei einer Temperatur von 10 Grad. Reaum. Scale.

Namen der Luftarten.	Gewicht des Cubic-zolles.	Gewicht des Cubicfusses.			Bemerkungen.
	Grane.	Uz.	Dr.	Gr.	
Atmosphärische Luft	0,46005	1	3	3,00	nach Lavoisier.
Azotische Luft . .	0,44444	1	2	48,00	
Oxygen Luft . . .	0,50694	1	4	12,00	
Hydrogen Luft . .	0,03539	—	—	61,15	
Kohlensaure Luft .	0,68985	2	—	40,00	
Nitröse Luft . . .	0,54690	1	5	9,04	nach Kirwan.
Ammoniak Luft . .	0,27488	—	6	43,00	
Unvollkomene schwe-felsaure Luft . .	1,03820	3	—	66,00	

IV.

Von der Bewegung der Tropfbarflüssigen.

175.

Die Lehre von der Bewegung der Tropfbarflüssigen bezeichnen wir mit **Hydraulik.**

176.

Ein Tropfbarflüssiges kommt in Bewegung

I. durch Störung des Gleichgewichtes seiner horizontalen Fläche;
II. durch sein eigenes Gewicht;
III. durch Mitwirkung der atmosphärischen Luft;
IV. mittelst der Schöpfwerke.

* Von allen diesen Bewegungsarten ist nun, sofern es die Physik fordert, ausführlich zu handeln.

177.

I. Von der Bewegung eines Flüssigen, durch Störung des Gleichgewichtes seiner horizontalen Fläche.

(Von der Wellenbewegung).

Wird ein Theil einer stehenden horizontalen

Was-

Wasserfläche AB (Fig. 42. Taf. II.) wie immer stärker als ein anderer gedrückt, so gibt derselbe dem Drucke nach, und bildet eine Tiefe *m*; aber zugleich erhebt sich das Wasser rings um dieselbe auf *b* und *c*; das erhobene Wasser *c* sinkt aber durch sein eigenes Gewicht wieder, und füllt nicht nur die vorige Tiefe aus, sondern macht seinen Fall beschleunigend, eine neue Tiefe *n*, welche dann wieder eine Erhöhung *e* zur Folge hat, und sofort. Nemlich die Störung des Gleichgewichtes in einem Theile einer horizontalen Fläche macht, daß in derselben eine **Bewegung** entsteht, die in **wechselweisen Vertiefungen** und **Erhöhungen** fortschreitet.

Die Erhöhung von *a c d* heißt **Welle**, der Abstand *a d* die **Breite der Welle**, und die ganze Bewegung von *a* bis *p* und weiter, eine **Wellenbewegung** (motus vndulatorius — vndulatio).

* Läßt man z. B. ein Steinlein in ein ruhendes Wasser fallen, so sehen wir die Wellenbewegung. Der durch den Stein gedrückte Wassertheil wird ein **Mittelpunct**, um den sich eine **kreisförmige Welle** bildet, die sinkend eine andere concentrische erzeugt; diese wieder eine andere, und sofort — so, daß sich die Wellenbewegung in **concentrischen Kreisen** um den bewegten Wassertheil darstellet.

178.

Newton brachte zuerst die Wellenbewegung auf richtige Grundsätze (Princip. C. II.). Er vergleicht die Wellenbewegung mit der Oscillation der Wasserflächen in zweien communicirenden Röhren; zeigt dann eine Uebereinstimmung dieser Oscillationen mit den Schwingungen eines Pendels, und bestimmt,

daß eine Welle um ihre ganze Breite in einer Zeit fortrückt, in welcher ein viermal längeres Pendel eine halbe Schwingung macht.

Woraus sich als Folge ergibt, daß die Geschwindigkeiten verschiedener Wellen sich wie die Quadratwurzeln aus ihren Breiten verhalten (56.).

* Daß dieses nur beiläufig statt finde, wie auch Newton bemerkte, erhellet daraus, daß die Wellen in Bögen oscilliren, mithin nur beiläufig den Oscillationen des Wassers, die in verbundenen Röhren senkrecht geschehen, gleichkommen.

179.

I. Die Wellen, welche um die erste her entstehen, richten sich als Erzeugnisse der ersten, in ihrer Gestalt ganz nach dieser: ist die erste circelrund, so sind es auch die entfernten: eine

ovale Figur der ersten müßte alle folgende oval formen u. s. w.

II. Die kleinen Wellen sind als kurze Schwingungen eines Pendels, oder als Schwingungen in einer Cycloide anzusehen: mithin als gleichzeitig anzunehmen (57.*).

III. Da die Peripherie der Wellen mit der Entfernung stets wächst, mithin die zu bewegende Masse immer grösser wird: so müssen die Wellen abnehmen, und endlich sich ganz verlieren.

IV. Werden z. B. mehrere Steinchen zugleich und in einiger Nähe in ein ruhendes Wasser gelassen, so durchschneiden sie sich einander ohne Verwirrung: es erfolgen daher die wechselweisen Erhöhungen und Vertiefungen auch in dem zu Wellen bewegten Wasser.

V. Ist das Wasser fließend, so ändert dieses nichts im Entstehen der Wellen; blos werden sie nach der Richtung des Flusses fortgerissen, mithin nach dieser Richtung verlängert.

VI. Die Wellen finden an jedem Gegenstande, an den sie anschlagen, eine Reaction. Steht der Gegenstand den Wellen vertical entgegen, so werden sie zurückgeworfen, und brei-

ten

ten sich nach entgegengesetzter Richtung so aus, daß sie Kreise um einen Punct bilden, der in senkrechter Linie so weit hinter der Ebene des Widerstandes liegt, als der Mittelpunct der anschlagenden Wellen vor derselben lag. — Hat der Widerstand gegen die horizontal anlaufenden Wellen eine schiefe Lage, so wird die Welle sowohl durch Hinreibung als Anschwellung des Wassers in ihrer Bildung gestört; wie dieses an den Ufern der Flüsse wahrzunehmen ist.

VII. Befindet sich in der widerstehenden Fläche eine **mässig weite** Oeffnung, so geht ein Theil der Welle geradlinigt durch, und erzeugt neue Wellen, die sich um die Oeffnung als um ihr **Centrum** in Halbkreisen verbreiten. Ist die Oeffnung **sehr weit**, so gehen die Wellen ungehindert durch; aber um die Ränder der Oeffnung, wo das Wasser Anstoß erleidet, bilden sich neue kleinere Kreise.

* Die **Meereswogen** sind Wellen im Grossen, aber sehr **irregulär** gestaltet; sie werden von Windstössen erzeugt, die in verschiedenen Richtungen und mit abwechselnder Stärke auf das Wasser wirken, und so Irregularitäten hervorbringen.

180.

II. Von der Bewegung der Flüssigen durch ihr eigenes Gewicht.

Sobald ein Flüssiges in irgend einem seiner Theile nicht unterstützt ist, so geht es aus dem Zustande der Ruhe in den der Bewegung über (141. ꝛc.). Das Flüssige wird sofern lebendig, und wirkt gleich einem fallenden Körper, mit einer Gewalt, die seiner Masse und Geschwindigkeit gleich kommt. Solche Wirkungen, Wirkungen des lebendigen Flüssigen, nehmen wir wahr

bei dem Ausflusse derselben aus den Oeffnungen der Gefässe, oder Behälter,
bei dem Laufe des Wassers in Rinnsälen — Bächen, Flüssen u. d. gl.
bei dem Anstosse der Flüssigen an feste Körper,

wovon wir itzt zu handeln haben.

181.

Vom Ausflusse der Flüssigen ꝛc.

Lehrsatz. Bewegt sich ein Flüssiges durch sein eigenes Gewicht getrieben, aus irgend einer Oeffnung, so gleicht seine Geschwindigkeit der Quadratwurzel von der Höhe des Wasserstandes.

Beweis. Die Kraft, womit das Flüssige aus einer Oeffnung herausläuft, ist eigentlich ein Fallstreben des nicht unterstützten Flüssigen: wirkt also nach den Gesetzen der Schwere, und die Geschwindigkeit des Flüssigen ist der Geschwindigkeit eines jeden andern fallenden Körpers gleich. Nun verhält sich aber die Geschwindigkeit eines fallenden Körpers, wie die Quadratwurzel des durchlaufenen Raumes (20. I.): es gleicht also auch die Geschwindigkeit des ausfließenden Flüssigen der Quadratwurzel des durchlaufenen Raumes: das ist, der Höhe des Wasserstandes.

* Man weiset die Wahrheit dieses Lehrsatzes in einer Maschine nach, woran aus einer cylindrischen Röhre, bei gleichen Oeffnungen, in Höhen = 1 und 4 Wasser ausfließt. Die Menge des ausfließenden Wassers verhält sich, wenn die Röhre stets voll erhalten wird, wie 1 und 2: also wie die Quadratwurzeln der Höhen.

182.

I. In zweien Gefässen von verschiedener Höhe sei dasselbe Flüssige, und ihre Böden haben gleiche Oeffnungen: so verhält sich die Menge

des in gleichen Zeiten ausfließenden Flüssigen, wie die Quadratwurzel der Höhen.

II. In zweien Gefässen von gleicher Höhe, aber von ungleichen Bodenöffnungen verhält sich die Menge desselben ausfließenden Flüssigen, wie die Oberfläche der Oeffnungen.

III. Aus zweien Gefässen, die einerlei Flüssiges enthalten, und dieselbe Höhe haben; und deren Oeffnungen am Boden gleich sind, fließe das Wasser ungleich lange aus: so stehen die Mengen des ausfließenden Wassers im Verhältnisse der Zeiten.

IV. Fassen wir nun alles zusammen: so ist die Menge eines Flüssigen, das aus den Bodenöffnungen der Gefässe fließt, in einem zusammengesetzten Verhältnisse der Zeit, der Oberflächen der Flüssigen, und der Quadratwurzel der Höhe.

* Diese Sätze sind aus dem Vorhergehenden verständlich: Versuche bestätigen sie.

183.

Wenn ein Flüssiges sich durch eine Bodenöffnung eines cylindrischen oder prismatischen Gefässes ausgießt, so verliert die Wassersäule stets ihre Höhe, übt einen stetig abnehmen-

menden Druck auf das ausfließende Flüssige aus, und verändert so jeden Augenblick die Geschwindigkeit des Ausflusses: ein solches Flüssige bewegt sich also mit gleichförmig abnehmender Geschwindigkeit (13.). Die Räume aber, welche in gleichförmig abnehmender Geschwindigkeit durchlaufen werden, folgen einzeln betrachtet (beim Letzten angefangen) der Reihe ungerader Zahlen 1, 3, 5, 7 u. s. w. (21. I.); es müssen also die Höhen, mithin auch die Mengen der Flüssigen, die aus einem cylindrischen oder prismatischen Gefässe auslaufen, in einer Reihe gleicher Zeittheilchen folgen nach der Progression der ungeraden Zahlen (bei dem Letzten angefangen).

* Man hat eine durchaus gleichförmige cylindrische Röhre aus Glas, 4 Fuß lang, und in 400 gleiche Theilchen eingetheilt: ihre Basis ist aus Messing, und hat eine so kleine Oeffnung, daß die Cylinderröhre in 20 Minuten leer läuft. Diese Röhre wird mit Wasser gefüllt: wo dann der Ausfluß desselben so geschieht, daß in der ersten Minute 39, in der zweiten 37, in der dritten 35, in der vierten 33 Theile u. s. w. ausfließen.

184.

Lehrsatz. Wird die Röhre (Fig. 45. Taf. II.)

unten bei C gebogen, und in eine kleine Oeffnung D geendet, so muß sich das Wasser, welches die Röhre bis *m o* füllt, durch die Oeffnung D bewegen, und sich bis zur Wasserhöhe *m n* heben. **Beweis.** Die Geschwindigkeit eines aus einer Oeffnung ausfließenden Flüssigen ist derjenigen gleich, welche ein Körper durch freien Fall von der Wasserhöhe erhalten würde (181.). Nun ist aber eine solche Geschwindigkeit hinreichend, das Wasser zu der Höhe empor zu heben, von welcher es herabgefallen ist (21.): also muß das Wasser, welches aus D ausfließt, sich bis zur Höhe des Wassers — bis zu *m n* heben.

I. Der Grund dieses Phänomens ist allgemein, es gilt daher allgemein der Satz: **Wenn aus der Boden- oder Seiten-Oeffnung eines Gefässes, deren Richtung nach oben geht, Wasser ausfließt: so muß es sich so hoch empor heben, als hoch das Wasser im Gefässe steht.**

* Setzen wir die Röhre D bis *m n* verlängert, so haben wir die Erscheinung der **communicirenden Röhren**, die aus den oben (152.) angeführten Gründen begreiflich ist.

** Auf den angeführten Gesetzen stützen sich die **Wasserleitungsröhren**, von denen die Alten keine Kenntniß hatten, deren Mangel auch die kostspieligsten Wasserleitungen, z. B. die der Römer, nothwendig machte. — Nun ausführlicher von den **Wasserleitungen** zum Nutzen und zum Vergnügen —

von Quell=
und von Spring=Brünnen.

185.

Von den Quell=Brünnen.

Soll an dem Orte B (Fig. 46. Taf. II.) ein Wasser quellen, so ist in der Nähe ein **Wasser=Lager** zu suchen, das höher liegt, als B. Es sei dieses auf dem Hügel E. Das Wasser wird bei A in einer **Vertiefung** ins Gevierte, die man mit wasserhältigem Thone ausschlägt, gefaßt. Von B aus werden unter der Oberfläche der Erde **Röhren** (Bleiröhren, Teicheln) gelegt, und in **genauer Verbindung** bis nach A fortgeführt, und so ein **stetiger Canal** von dem Boden des Wasserbehälters A (der **Wasserstube**) bis zum **Röhrkasten** B hergestellt. — Das Wasser fällt vermöge seiner Schwere aus der Oeffnung des Wasserbehälters *a* durch die Röhren *ab*, *bc*, *cd* u. s. w. bis es bei *i* anlangt; hier

steigt

steigt es von dem Wasser der langen Röhre gedrückt auf das Hügelchen *k*, läuft hernach horizontal bis *n*, und hebt sich von da bis *r*, wo es dann durch sein eigenes Gewicht durch die Gußröhre *o* ausfließt.

* Soll das Quellen des Wassers **ununterbrochen** fortwähren, so muß der Ausfluß durch zufließendes Wasser hinlänglich ersetzt, mithin die Oeffnung der Gußröhre **verhältnißmäßig** groß gemacht werden.

** Läge zwischen einer Wasserstube und dem Orte des Ausflusses aus einer Röhre, ein Berg, der die Höhe von jener überträfe, so könnte das Wasser bis zur Gußröhre nur unter der Bedingung kommen, daß die Teicheln um den Berg herumgelegt würden.

186.

Von den Spring-Brünnen.

Das Wasser, welches in einer Röhre von der Höhe herabfällt, erhält eine Geschwindigkeit, die der eines jeden andern frei fallenden Körpers von derselben Höhe gleich kommt (184.). Die Anrichtung der Leitungsröhre (Fig. 46. Taf. II.) ist demnach auch Anlage zu einem Spring-Brunnen. Wird bei D eine **Wassersammlung** (Passin)

sin) xw angebracht, und bei h eine Gußröhre, die in die Höhe geht, in das Leitungsrohr eingesteckt, so muß das Wasser bei s hervorspringen, und sich bis zur Wasserhöhe C erheben (185.).

187.

Es wurde bisher bei der Bewegung des Wassers immer von den Hindernissen abgesehen, die derselben entgegen sind. Allein das Flüssige, welches aus Oeffnungen ausfließt, und das aus einer Gußröhre in die Höhe stralt, erleidet Hemmung und Aufhalt seiner Bewegung.

188.

Fließt das Wasser durch die Bodenöffnung ab (Fig. 44. Taf. II.), so fällt das Wasser nicht, wie in einer gleichförmigen Röhre $cdab$ durch. Das Wasser, welches der Rand bei a und b umgibt, und auf diese drückt, bringt eine Störung hervor; die Wassersäulen, welche $cdab$ umgeben, drängen diese, krümmen sich um so mehr, je näher sie an den Boden des Gefässes kommen, und machen, daß sich der Stral des ausfließenden Wassers zusammenzieht so, daß sich nach Newton der Durchmesser des zusammengezogenen Strals zum Durchmesser der Oeffnung $= 3\frac{1}{2} : 4$: mithin die Oberfläche desselben zu

der

der der Oeffnung = 10 : 16 verhält. Da nun der Ausfluß des Wassers bei gleicher Höhe im Verhältnisse der Oberflächen steht (182. II.), diese aber hier durch Zusammendrängung kleiner wird: so kann aus *ab* des Gefässes AB nicht so viel Wasser in derselben Zeit ausfließen, als in einem cylindrischen Gefässe *cdab* geschehen würde.

Um das Hinderniß, welches dieses Zusammenziehen dem ausfließenden Wasser entgegenstellt, zu verringern, bringt man, zumal bei Spring-Brünnen und Feuerspritzen, Aufsatzröhren von gleichem Durchmesser an. Die Zusammenziehung hat da wohl noch bei dem Eintritte des Wassers, aber nicht bei dem Austritte desselben, statt; wodurch dann die Zusammendrängung des Wassers vermindert, und der Ausfluß desselben erleichtert wird.

* Man ist indeß über die Gestalt der Aufsatz- oder Guß-Röhren noch nicht einig. Ein ausfließender Wasserstral nimmt die Gestalt eines abgestumpften Regels an. Gewöhnlich folgt man hier dem Winke der Natur, und gibt der Gußröhre eine Regelform so, daß sich die kleinere Oeffnung, woraus das Wasser spritzt, zur grössern, wie 10 : 16 ver-

verhält, und die Entfernung beider ungefähr dem Halbmesser der grössern Oberfläche gleicht. —

189.

Das Wasser, welches aus einer Gußröhre springt, adhärirt immer den Wänden derselben, und reibt sich an ihnen; — das Wasser ist schwer, und thut dann dadurch der Geschwindigkeit des hervorschießenden Strals Abbruch; — der Stral bildet eine Wassersäule, die im Durchgange durch die Luft Aufhalt leidet; — die Wassersäule wird jeden Augenblick breiter, und so mehrt sich jeden Augenblick der Widerstand der Luft (66.). — Die Luft umgibt die Säule von allen Seiten, und bildet eine Art Röhre, in welcher Wasser eine Reibung leidet; — hat das Wasser die höchste Höhe erreicht, so legt sich dasselbe mit seinem ganzen Gewichte auf das nachfolgende Wasser, und widerstrebt so seiner Bewegung u. s. w. — Das Springwasser kann daher nie die Wasserhöhe *c* (Fig. 46.) erreichen.

190.

Mariotte (Traité du mouvement des eaux. — Oeuvres de Mariotte T. II. übersetzt von D. Meinig. Leipzig 1723.) hat dem Springwas=

wasser vor andern seine Aufmerksamkeit gewidmet, und darüber die wichtigsten Beobachtungen gesammelt; ihm verdanken wir die Mittel zur möglichsten Vermeidung jener Hindernisse, die der Bewegung des Springwassers entgegenstehen — nemlich die Kenntniß, den Röhren eine vortheilhafte Richtung, den gehörigen Durchmesser, und anderweitige zweckdienliche Einrichtung zu geben u. d. gl.

Man macht die Oeffnung des Springrohrs kleiner, als der Durchmesser der Leitungsröhre ist, um die Berührungen, und dadurch die Reibung des ausfließenden Wassers zu vermindern, und die Wassersäule etwas zu verkleinern; man gibt dem Gußrohr eine etwas schiefe Richtung, damit das Wasser neben dem aufsteigenden Strale zurückfalle; man bedeckt die Oeffnung der cylindrischen (nach Gravesande) Spritzröhre mit einer polirten Scheibe, in welche ein polirtes Loch gebohrt ist, um der Bewegung des Wassers die möglichste Freiheit zu verschaffen u. s. w.

Indeß läßt sich bei allen solchen Vorsichten nie alles Hinderniß der Bewegung eines Springwassers wegräumen, und das ausfließende Wasser bis zur Wasserhöhe bringen. Eben Ma-

riot=

riotte stellte über den Verlust, den das Springwasser in seiner Bewegung, bei aller Sorgfalt ihn zu verhüten, erleidet, Versuche an, und fand durch übereinstimmende Erfolge, daß der Unterschied zwischen der Höhe des Ursprungs einer Quelle, und der Höhe des Wasserstrals betrage

bei	5	Schuh	1	Zoll	
—	10	—	4	—	
—	15	—	9	—	
—	20	—	16	—	u. s. w.

folglich, daß das Quadrat der Höhe des Wasserstrals sich verhalte, wie der Unterschied zwischen den Höhen der Quellen und der Springhöhen.

* Mariotte's Regel setzt voraus, daß die Oeffnung gerade die Grösse habe, bei welcher der Wasserstral am höchsten steigt. Aber eben diese Bestimmung ist verwickelten Untersuchungen ausgesetzt. — In den Versuchen Mariotte's war bei einer Wasserhöhe = 24 Schuh 5 Zoll, die größte Stral-Höhe 22 Schuh 10 Zoll, wenn der Durchmesser der Oeffnung 6 Lin. betrug. Wurde die Oeffnung 4 Lin. Durchmesser gemacht, so war der Stral um 1½ Zoll, und bei 3 Linien um 8 Zoll niedriger. —

** Die Statüen, Vasen u. d. gl. sind bei den Springbrünnen nur Einkleidungen der

Guß-

Gußröhre, und dienen, wie andere Aufsatzröhren, die das Wasser in verschiedenen Richtungen auslassen, zu Verzierungen in den Lustgärten u. d. gl. (Böckler, Schwilzer u. a.).

191.

Von dem Laufe der Flüssigen ꝛc.

Die Quellen bilden in ihrem Fortlaufe durch ihre Vereinigung und anderweitige Zuflüsse, Bäche, Flüsse ꝛc. — Das Wasser befindet sich in einem Flußbette, das abhängig ist, auf einer schiefen Ebene, und fällt dann über dieselbe im Verhältnisse der Höhe (148.). Die Erfahrung lehrt auch von den Flüssen, daß sie einen Abhang haben nach der Gegend hin, nach welcher sie fließen, und daß sich die Geschwindigkeit des Flusses, wenn sonst alles gleich ist, ganz nach der Grösse des Abhangs — oder der Höhe des Planums richte.

I. Die Bewegung des Wassers in Bächen, Flüssen u. s. w. ist demnach eine Bewegung desselben durch sein eigenes Gewicht.

* Man nennt den Abhang, d. i. die Abweichung der Wasseroberfläche von seiner horizontalen Lage in einer gewissen Weite, das Gefälle des Flusses. Dieses wird durch

Mes=

Messung (durch Wasserwägen, Nivelliren) bestimmt. — Die Flüsse deuten durch ihren Lauf auf die unmerklichen Höhen der Orte und Länder hin: so folgt aus dem Laufe der Donau, daß Schwaben höher als Baiern, dieses höher als Oesterreich, dieses höher als Ungarn, dieses höher als die Wallachei, diese höher als Bessarabien liege. Aus dem nemlichen Grunde ist klar, daß das Meer die tiefste Lage auf der Erden habe u. s. w.

** Auf die Geschwindigkeit des Flußwassers hat grossen Einfluß seine Höhe. — Man hat die Bemerkung gemacht, daß die Strombahn, die über die grössere Tiefe geht, durchweg eine schnellere Bewegung habe — aber auch immer höher, als das ruhige Seitenwasser stehe. Nemlich das über eine schiefe Ebene hingehende Wasser ist immer zum Theile unterstützt, und drückt dann auf den Grund nicht so stark, als das ruhende von derselben Höhe (155.): da muß dann ein ruhendes Wasser in Verbindung mit dem bewegten allemal niederer stehen, als das bewegte (155.). —

192.

Von der Wirkung des fließenden Wassers ꝛc.

Die Flüsse, stets die niedrigsten Stellen suchend,

chend, haben sich zuverlässig selbst ihre Betten ausgehölt: dieselben fahren noch immer in dieser Arbeit fort, und graben sich stets neue Betten. Aber da erweiset sich eben das **Wasser durch seine Bewegung wirksam auf feste Körper**; diese Wirksamkeit äußert sich besonders an den Ufern, Dämmen u. d. gl. Wir können bei dem Anstosse des **Wassers an feste Körper** folgende Fälle unterscheiden:

Die Körperflächen stehen dem bewegten Wasser entweder **senkrecht** oder schief entgegen, und
sind entweder **in Ruhe**, oder auch **in Bewegung.**

193.

Lehrsatz. Läuft Wasser auf eine senkrecht ruhende Fläche an, so ist die Wirkung des bewegten Wassers gleich dem Gewichte einer Wassersäule, deren Basis der widerstehenden Fläche, und deren Höhe jener gleich ist, von welcher das Wasser fallend seine Geschwindigkeit erhält.

Beweis. Jedes Theilchen des anlaufenden Wassers wirkt mit einer Kraft, die gleich ist seiner Masse in seine Geschwindigkeit (37.*). Nun laufen aber in derselben Zeit um so viel mehr Theil-

Theilchen auf die widerstehende Fläche an, je grösser die Höhe ist, von welcher sie herabkommen: die Wirkung eines bewegten Wassers auf eine widerstehende Fläche gleicht daher dem Gewichte einer Säule u. s. w.

I. Die Höhe, von welcher das Wasser herabfällt, ist ein Raum, der in gleichförmig beschleunigter Bewegung durchlaufen wird (28. I.). Da sich nun solche Räume verhalten, wie die Quadrate der Geschwindigkeiten, so ist die Wirkung des anlaufenden Wassers auf eine senkrecht ruhende Fläche, wie das Quadrat seiner Geschwindigkeit.

II. Bewegt sich das nemliche Flüssige mit der nemlichen Geschwindigkeit auf verschiedene Flächen, so ist die Wirkung im geraden Verhältnisse der Flächen. — Ist die Fläche dieselbe, aber die Geschwindigkeit des Flüssigen verschieden: so steht die Wirkung im Verhältnisse des Quadrats der Geschwindigkeit.

III. Stossen Flüssige von verschiedenem specifischem Gewichte mit gleicher Geschwindigkeit auf dieselbe Fläche: so sind die Wirkungen, wie die specifischen Gewichte.

IV. Setzen wir daher die widerstehenden Flächen = P und *p*, die Flüssigen F und *f*,

die

die specifischen Gewichte D und *d*, die Geschwindigkeiten C und *c*: so ist die Wirkung des Flüssigen F zur Wirkung des Flüssigen *f* = $PDC^2 : pdc^2$.

194.

Lehrsatz. Die Wirkung eines bewegten Wassers auf eine schiefe Fläche (in einer schiefen Richtung), verhält sich zu der Wirkung in einer senkrechten, wie der Sinus des Winkels GCB, welchen die Fläche des widerstehenden Körpers mit der Richtung des Flüssigen macht, zu dem Sinus totus (Radius) GC (Fig. 8. Taf. I.). **Beweis.** Jede schiefe Richtung irgend einer Kraft ist in zwei andere Kräfte (hier die schiefe Richtung GC in GE und GB) aufzulösen (24. IV.): wo dann klar wird, daß die Kraft GE, die mit der widerstehenden Fläche parallel geht, ohne alle Wirkung auf diese ist: es verhält sich daher die Wirkung des bewegten Wassers in einer schiefen Richtung (hier = GC) zu der in einer senkrechten, wie GB zu GC: also, wie der Sinus-Winkel GCB zum Sinus totus GC.

* Sind die Ufer, Dämme u. d. gl. vertical, so ist der Stoß des Wassers, welches darauf anläuft, senkrecht: da wirkt dann das

Was-

Wasser mit seiner ganzen Gewalt auf dieselben. Dieses beweisen die zerstörenden Wirkungen des Wassers in solchen Fällen, zumal, wenn das Wasser Eis führt. Haben aber Ufer, Dämme u. d. gl. eine schiefe Lage, so läuft das strömende Wasser an denselben hinauf; stößt an dieselben viel schwächer, und beschädigt sie weniger. —

** Das Wasser bringt durch seinen Anstoß vortheilhafte Bewegungen hervor an den Wasserrädern. Hier begegnet uns der Fall, wo das Wasser gegen bewegliche und bewegte Flächen stößt.

195.

Lehrsatz. Die Wirkung eines senkrecht bewegten Wassers auf eine Fläche, welche bewegt wird in einer sich selbst parallelen Richtung, ist wie das **Quadrat der respectiven Geschwindigkeit**, mithin:

wenn die Bewegung nach einerlei Richtung geht, als wie das Quadrat der Differenz der Geschwindigkeiten;

geht sie aber in entgegengesetzter Richtung, wie das Quadrat der Summe der Geschwindigkeiten.

Beweis. Stößt ein Flüssiges mit der Geschwindigkeit C auf eine Fläche, welche nach der nem-

li-

lichen Richtung mit der Geschwindigkeit c bewegt wird: so ist die Wirkung dieselbe, als wenn es auf die ruhende Fläche anstieße mit der Geschwindigkeit $= C - c$ (41. 2c.): also = dem Quadrate dieser Geschwindigkeit (193. I.). — Geschieht die Bewegung nach entgegengesetzten Richtungen: so ist die Wirkung die nemliche, als wenn das Flüssige auf die ruhende Fläche anstieße mit der Geschwindigkeit $C + c$: also = dem Quadrate dieser Geschwindigkeit (193. I.).

* Man erklärt sich daraus, warum die Wirkung des Wassers auf Maschinen, z. B. auf Wasserräder, im Anfange, wo die Maschine noch ruhet, am stärksten sei; hernach aber im Verhältnisse abnehme, wie die Maschine bewegt wird; endlich dem Widerstande gleich komme.

196.

III. Von der Bewegung der Tropfbarflüssigen, durch Mitwirkung der atmosphärischen Luft.

Die atmosphärische Luft wirkt vielfältig mit, zur Bewegung des Flüssigen, insbesondere und hauptsächlich

1. bei dem Heber;
2. bei den Saug- und Druckpumpen;
3. bei dem Stoßheber.

197.

Von der Bewegung des Flüssigen durch den Heber.

Eine krumm gebogene Röhre von zweien ungleich langen Schenkeln, die an beiden Enden offen sind, dient, ein Flüssiges aus irgend einem Gefässe herauszuheben, wenn man den einen Schenkel in das Flüssige einsenkt, und an der Oeffnung des andern saugt: eine solche Röhre heißt **Heber** (sipho).

198.

Wird der Heber mit seinem kürzern Schenkel *ab* (Fig. 47. Taf. II.) in ein Flüssiges eingesenkt, so bewegt sich dieses in demselben bis zur Höhe *cd*, worauf es im Gefässe steht. Saugt man an der Oeffnung des längern Schenkels *e*, und verdünnt dadurch die Luft in dem Theile *fae*, so steigt das Flüssige durch den Druck der Luft bis *a*; hier fällt es mit seinem Gewichte, und füllt den Schenkel *ae*, während daß das Flüssige im Schenkel *fa* durch Nachfluß sich wieder ersetzt; denn sollte sich bei *a* das Flüssige von der Säule *fa* trennen, so würde ein luftleerer Raum entstehen, den aber das Flüssige, von der Luft gedrückt, nicht entstehen läßt, sondern zu-

fließend, den Schenkel stets voll erhält. — Bei *e* liegt die atmosphärische Luft vor, nachdem man den Mund entfernt hat, und drückt gegen die Säule des Flüssigen *ea*: dieser Druck kommt auch ganz dem gleich, der das Flüssige in der kürzern Röhre bis *a* hebt. Indeß befindet sich in *ae* eine längere, mithin eine gegen *e* mehr drückende Säule, als jene = *af* ist, und so kann dann, da die Wirkung der Luft bei *f* und *e* gleich ist, die längere Säule *ae*, die bei *e* widerstehende Luft überwältigen, und ausfließen. — Das Ausfließen muß auch dauernd sein, so lange als der kürzere Schenkel *ab* seine Oeffnung im Flüssigen hat, weil, flöße das Flüssige nicht immer durch *ba* nach, sich dasselbe bei *a* trennen müßte: das aber wegen der Luft, die stets das Flüssige gegen den leeren Raum treibt, nicht statt haben kann.

* Es ist klar, daß der Erfolg derselbe sei, obgleich der längere Schenkel im Flüssigen steht, und der kürzere ausserhalb desselben, wenn seine Oeffnung nur tiefer steht, als die Höhe des Flüssigen ist (Fig. 49. Taf. II.).

199.

Wird der Versuch so gemacht, daß sich der kürzere Schenkel des Hebels ausser dem Flüssi-

gen

gen befindet, und seine Oeffnung höher steht, als das Flüssige: so wiederholen sich, wenn man an der kürzern Röhre saugt, alle vorhin erzählten Phänomene; da aber das Flüssige in der längern Röhre gegen das Gefäß drückt, so ergießt sich das emporgehobene Flüssige auch in dasselbe, und zieht das im kürzern Schenkel enthaltene nach sich.

200.

Lassen wir endlich die beiden Schenkel eines Hebers gleich sein (Fig. 48. Taf. II.), oder die Oeffnung des ungleichen mit der Oberfläche des Flüssigen einerlei Höhe haben, so füllen sich während des Saugens beide Schenkeln, auch bleiben beide gefüllt, nachdem sich der saugende Mund entfernt hat: es erfolgt weder nach einer, noch nach der andern Seite eine Ausleerung. Diese Erfahrung bestätigt die gegebene Erklärung (198.): in diesem Falle ist nemlich nicht nur der **Luftdruck**, sondern auch die **Länge** der mit dem Flüssigen erfüllten Schenkel gleich: folglich eine Bewegung des Flüssigen unmöglich.

* Die Versuche, die man durch Einsenkung eines Hebers in **Queckſilber** anstellt, lehren eben auch:

daß

daß das Flüssige aus dem längern Schenkel, wenn er ausser dem Gefässe ist, fortwährend ausläuft, so lange die Oeffnung des kürzern untergetaucht ist;
daß aber das Flüssige in das Gefäß zurückfällt, wenn der längere Schenkel innerhalb des Gefässes steht;
und daß sich endlich gar keine Ergießung ergibt, wenn beide Schenkel gleich lang sind,

(unter Berücksichtigung dessen, was 198.* und 199. angemerkt worden): doch ist die Einschränkung beizufügen, wenn der Schenkel *ba* (Fig. 47. Taf. II.) nicht über 28 Zolle lang ist; denn der Druck der Atmosphäre, von welchem die Phänomene des Hebers abhängen, hebt das Queckſilber nicht höher. Woraus dann ferner folgt, daß bei den Heber-Versuchen mit dem 14 mal leichterem Wasser der Schenkel *ab* nicht 32 Schuh übersteigen dürfe: wie dieses in der Aerostatik ausführlich nachgewiesen wird.

201.

Dem Vorhergehenden zufolge sind die Bedingungen eines Hebers, der Wasser oder ein wasserähnliches Flüssige ausgießt (198.), daß

1. der einsaugende Schenkel unter dem Flüssigen sei;

2. die

2. die Höhe *a f* (Fig. 47.) nicht über 32 Schuh betrage; und
3. der ausgießende Schenkel mit seiner Oeffnung tiefer stehe, als die Oberfläche des Flüssigen im Gefässe ist.

* Man wendet die Heber an, zum Nutzen und zum Vergnügen.

202.

Anwendung der Heber zum Nutzen.

Man bedient sich des Hebers vortheilhaft in den **Kellern**, indem man **Wein** oder **Bier** aus den Fässern in kleinere Geschirre übergehen läßt dadurch, daß man den kürzern Schenkel durch das Spuntloch steckt, an dem längern saugt, und dann dem ausgießenden Schenkel die Richtung nach den niederstehenden Gefässen gibt.

203.

Joh. Bapt. Porta, ein berühmter italienischer Gelehrter des 16. Jahrhunderts, that den **Vorschlag**, Wasser durch Heber über Berge zu leiten. **Bücher**, ein Deutscher, führte in Mitte des vorigen Jahrhunderts den Vorschlag unter gehöriger Beschränkung wirklich aus. — Uebersteigt nemlich ein Berg in verticaler Richtung nicht die Höhe von 32 Fuß, und wird über den-

selben eine heberartige Röhre gelegt, so gelingt die Wasserleitung richtig. Das eine Ende der Röhre bringt man in den Wasserbehälter, das andere in ein Gefäß, das etwas tiefer steht, als der Wasserbehälter; schließt dann die Hahnen, die an beiden Enden angebracht sind; füllt hierauf mittelst eines Trichters durch einen zu oberst angebrachten Hahn die beiden Schenkel mit Wasser, schließt itzt den Hahn, und öffnet die beiden andern Hahnen zugleich. Das Wasser fließt aus dem längern Schenkel; das ausfließende wird sogleich wieder durch ein nachfließendes ersetzt (198.), und so bildet der Heber eine über einen Berg gehende Wasserleitung.

* Ein Gefäß A (Fig. 50. Taf. II.) mit einer Röhre, hebt auch Wein oder Bier aus einem Faß, wenn die Röhre durch das Spuntloch des Fasses gesteckt, und an der Mündung *a* gesaugt, dann der Finger auf *a* gelegt, und hierauf das Ganze aus dem Fasse herausgenommen wird. — Nur einige Tropfen fließen aus der Röhre ab, wodurch zwischen dem aufgelegten Finger bei *a*, und der Oberfläche des Flüssigen *m n*, eine Luftverdünnung entsteht, gegen welche die äussere Luft drückt, und so das Ausfließen des Flüssigen hindert (200.**). Bringt man dann die Oeff-

nung

nung o über ein Gefäß, und entfernt den Finger von a, so ergießt sich das Flüssige vermöge seiner Schwere in das unterstellte Gefäß. — Eine solche Vorrichtung wird genennt Stechheber.

204.

Anwendung der Heber zum Vergnügen. Eine solche Anwendung mag unter die Spielereien gezählt werden. Indeß wirkt auch hier die Natur gesetzmässig und sofern ernst. Darum verschaffen Vorrichtungen dieser Art auch Denkenden ein Vergnügen. Schon König Hieron, ein bekannter Freund der wissenschaftlichen Kenntnisse, hat den Heber zum Vergnügen angewandt. Nachher verschmähten berühmte Naturforscher diesen Zweck eben auch nicht, und erfanden mehrere heberartige Einrichtungen, die ergötzen. Hieher rechne ich

1. die Heberfontäne;
2. den Diabetes des Hieron;
3. den magischen Trichter;
4. die unterbrochenen Heber;
5. die Kunstbrünnen.

205.

1. Heberfontäne. Eine Röhre mit zweien Schenkeln (Fig. 51. Taf. II.), deren einer, der

längere, auſſer dem Gefäſſe ſteht, der andere ſich im Flüſſigen befindet, ergießt das Waſſer ſpringend, wenn *e* zur Gußröhre verengt, und daran geſaugt wird. Nemlich das Waſſer, welches von *m* herabfällt, hebt ſich beinahe zu derſelben Höhe *mn* (186.), und ſtellt eine Art Springbrunnen dar, den man nennt eine Heberfontäne.

* Man gibt ſolchen Fontänen ſehr verſchiedene Formen, und verſieht ſie mit Aufſatzröhrchen, die das Waſſer nach verſchiedenen Richtungen ausſpritzen, und dadurch dem Experimente Mannigfaltigkeit geben.

206.

2. Diabetes des Hieron. Ein Heber, der ſich ohne Saugen füllt, wird mit dieſem Namen bezeichnet. Z. B. es ragt in Mitte eines Trinkglaſes eine dünne Säule aus Meſſing, die beinahe ſo hoch als das Glas iſt, hervor; die Säule beſteht aus zwei Röhren, die oben eine unmerkliche Verbindung haben: eine derſelben reicht bis nahe an den Boden des Glaſes, die andere geht luftdicht durch den Boden. Das Ganze ſitzt auf einem hohlen Fußgeſtell auf. Wird nun das Trinkglas, z. B. mit Wein, bis zur Hälfte (darüber oder darunter) gefüllt,

so hält sich das Getränk im Glase; wird aber das Glas voll gemacht, so läuft der Wein rein aus, in den hohlen Untersatz. — Durch die Anfüllung des Trinkglases erreicht nemlich der Wein, in die kürzere Röhre aufsteigend, die zweite längere, fällt dann durch diese vermöge seiner Schwere herab, und füllt sie: wo dann das Phänomen des ausgießenden Hebers nothwendig eiutritt (198.).

* Das Auffallende dieses Versuchs ist der versteckte Heber. Man zeigt Diabetes vor, in denen der Heber nicht versteckt, oder aus Glas ist, dadurch wird das Erklärte augenscheinlich bestätigt.

207.

3. Der magische Trichter. Gießt man in den Trichter A (Fig. 53. Taf. II.), welcher mit einem andern umgeben ist, ein Flüssiges, während daß man bei der Oeffnung *d* den Finger vorhält, so wird nicht nur der Raum A, sondern auch der, welcher sich zwischen dem Trichter A und dessen Umgebung befindet, angefüllt. Legt man itzt den Daumen auf die Oeffnung *o*, und entfernt den Finger von *d*, so läuft das in A enthaltene Flüssige aus, indeß jenes in dem Zwischenraume *m* und *n* zurückbleibt. So wird

dann

dann der Trichter leer befunden, und dennoch gießt er aufs Neue Flüssiges aus, wenn man bei *o* durch die Bewegung des Daumens Luft zu-läßt — (200.**).

208.

4. **Die unterbrochenen Heber.** Man füllt das Gefäß A (Fig. 54. Taf. II.), das unten eine Fassung BC mit zwei luftdicht eingesetzten Röhren hat, mit Wasser. Die eine Röhre *ac* geht gerade in die Höhe, und endet sich in ein Gußröhrchen, die andere B*d* steigt etwas gebogen (gekröpft) herab, und reicht mit ihrem obern Theile bis in das Innere des Gefässes A. Man füllt das Gefäß A mit Wasser, nahe bis *m n*, indem man es umwendet, und mittelst eines Trichters durch *d* das Wasser einläßt. Itzt wird das Gefäß so gestellt, daß die gerade Röhre *ac* in ein wasservolles Geschirr D kommt, die andere mit der Oeffnung *d* über einem leeren Gefässe schwebt... Das Wasser läuft durch *d* ab; dadurch entsteht im Gefässe A, über dem Wasser ein luftverdünnter Raum, gegen welchen das im Gefässe D enthaltene Wasser gedrückt, und innerhalb des Gefässes A springend gemacht wird.

* Ist

* Ist das Gefäß A weit über *mn* mit Wasser gefüllt, und hat die Oeffnung *c* eine verhältnißmässige Grösse, so stellt das Experiment einen continuirlichen Ausfluß des Wassers aus *d* vor, ohne daß das Wasser innerhalb des Gefässes A eine merkliche Abnahme leidet; denn der Abgang wird durch einen steten Zufluß aus D durch *a c* ersetzt. —

** Es lehrt der Augenschein, daß die zwei Röhren *d*B und *c a* einen Heber bilden, dessen längerer Schenkel B*d* die Ausgußröhre ist. Indeß sind die beiden Schenkeln B*d* und *a c* blos mittelst des Wassers, und nicht durch Fortsetzung der Röhre in Verbindung: daher die Benennung „**unterbrochener Heber.**“

*** Der unterbrochene Heber wird mannigfaltig maskirt, und erhält dadurch allerlei künstliche Namen, z. B. die **brüderliche Liebe** (charitas fraterna). — So sind der **Zauberbecher** und der **Brunnen Kirchers** (fons Kircheri) **unterbrochene Heber**: ich beschreibe diese ausführlich.

209.

Ein Zauberbecher ist (Fig. 52. Taf. II.) abgebildet. Das Gefäß hat eine Zwischenwand *w y*, wodurch der innere Raum des Gefässes in zwei Theile getheilt wird. Innerhalb sind vier

Röhr-

Röhrchen angebracht: die Röhre *np*, die durch die Zwischenwand geht, und sich an dessen Boden endet, durch die untere Höhlung herabsteigt, durch den Boden des Gefässes durchläuft, und bei *p*, wo ein Stöpsel vorliegt, ausgeht. Die Handhabe ist eine Röhre, die den Wein, welchen man bei der Oeffnung *h* mittelst eines Trichterchens gießt, in den untern Behälter führt. Der Hahn *w* wird geschlossen. Itzt schüttet man Wasser in den obern Theil (Hals) des Gefässes, dieses senkt sich durch die Röhre *ae*, und drückt die in der obern Höhlung enthaltene Luft; diese sucht Ausgang, begibt sich durch die Röhre *al* in die untere Höhlung, und drückt durch ihre Expansion auf den Wein. Oeffnet man nun den Hahn *w*, so stürzt der durch die Luft im Verhältnisse der Höhe gedrückte Wein durch die Röhre *fcx* heraus.

* Da man Wasser in das Gefäß gießt, und Wein ausläuft, so hat das Phänomen ein magisches Ansehen: daher der Name „Zauberbecher". — Man stellt dasselbe Experiment in Tonnen dar, die dann Zauber-Tonnen heißen.

** Die Röhre *np* hat die Bestimmung, daß sie das in dem obern Raume befindliche Wasser, nach dem Experimente, ablaufen lasse.

210.

Kirchers Brunnen (Fig. 57. Taf. II.). Der obere Kasten AB wird durch eine Zwischenwand *oy* in zwei Räume getheilt. Man füllt beide über die Hälfte AB mit Wasser, und schließt alle Oeffnungen luftdicht zu. Oben auf dem Kasten befindet sich eine Schaale *rs*, in die man ebenfalls Wasser gießt so, daß die Oeffnung der Röhre *o* unter Wasser steht. — Itzt öffnet man den Hahn *k*, und dann den Hahn *i*. Durch die Röhre *eh* fällt das Wasser, und verursacht in dem Behälter B eine Luftverdünnung, gegen welche die äussere Luft drückt, und das Wasser aus der Schaale *r s* in die Röhren-Oeffnung *o*, und durch diese in den Behälter B treibt (die Röhre *o* saugt). — Das in den untern Kasten herabgefallene Wasser drückt indeß die hierinn enthaltene Luft; die gedrückte Luft entweicht durch die Röhre *f*, übt nun im Behälter A ihren Druck auf das Wasser aus, hebt es durch die Röhre *m n*, und macht es ausfließen durch *c*.

* Der Röhre *o x* gibt man **Schlangengestalt**, und die Röhre *n c* kleidet man in eine **Vogelform**: dann trinkt die Schlange das Flüssige, und der Vogel gibt es durch seinen Schnabel von sich. U. d. gl.

211.

5. Die Kunstbrünnen. Ich erwähne der berühmtesten, als da sind: a) der Kunstbrunnen des Hieron (Fig. 55. Taf. II.); b) der Wolffische (Fig. 58. Taf. II.); c) der wendbare (Fig. 56. Taf. II.); und d) der intermittirende (Fig. 60. Taf. II.).

a. Der obere Theil des Brunnens (Fig. 55.) wird durch eine Oeffnung über die Hälfte bis *mn* mit Wasser gefüllt, und die Oeffnung dann luftdicht zugeschlossen. Oberhalb ist das Gefäß A schüsselartig gebaut; man gießt hier Wasser auf: das Wasser fällt durch die Röhre *c*, drückt die Luft in B, und treibt sie durch die Röhre *m* in den obern Behälter, wo sie auf die Wasserfläche *mn* drückend, das Wasser durch die Spritzröhre *ba* herausstößt.

b. Der untere Theil des Brunnens (Fig. 58.) wird über die Hälfte bis CD mit Wasser gefüllt, und luftdicht zugemacht; bei *a* und bei *b* wird ein Schälchen Weingeist angezündet ... Die Luft in dem Behälter AB erleidet durch die Wärme eine Ausdehnung; breitet sich daher durch die Röhren *m* und *n* in dem untern Behälter aus, drückt hier auf die Wasserfläche CD, und nöthigt das Wasser, durch die Röhre *fb* zu spritzen.

c. Das

c. Das Gefäß A (Fig. 56.) ist mit Wasser gefüllt, das durch die Röhren *ad* und *ef* herabfällt in das untere Gefäß B. Dadurch erleidet die Luft im Gefässe B eine Zusammenpressung; die gepreßte Luft strebt sich auszudehnen, und stößt das Wasser durch die Gußröhre *m* auf eine ansehnliche Höhe. Ist alles Wasser von A in B herabgekommen, so wendet man den Brunnen so, daß B nach oben, und A nach unten kommt: sogleich wiederholen sich dieselben Erfolge. Da eine solche Umwendung stets wieder erneuert werden kann, so gibt die Vorrichtung einen **perpetuirlichen Springbrunnen.**

* Man kann bei *m* alle die Variationen von Spritzröhren, die bei Springbrünnen in Lustgärten üblich sind, anbringen; und so kann das Grosse im Kleinen nachgeahmt werden.

d. Wird das Gefäß A (Fig. 60.) durch die Röhre *oa* beinahe ganz mit Wasser gefüllt, und dann auf die Schüssel E, über eine kleine Oeffnung *p* des Deckels CD gestellt: so fließt das Wasser, durch seine Schwere, aus den Röhrchen, die mit dem Gefässe A in Verbindung sind, so lange ab, bis das Wasser, das sich auf dem Schüsseldeckel sammelt, die Höhe *mn* erreicht, und dadurch den Zutritt der Luft zu der Röhre *oa*

gesperrt hat. In diesem Augenblicke wird die Luft oberhalb *ef* verdünnt, wo dann die Atmosphäre gegen diesen leeren Raum drückend, das Ausfließen aus den Röhrchen hindert. Mittlerweilen läuft das auf dem Deckel CD gesammelte Wasser durch die Oeffnung *o* in die Schüssel ab; dasselbe sinkt daher unter *mn*, und öffnet der äussern Luft den Zutritt durch die Röhre *oa* zu dem Raume über *ef*. Da gießen dann die Röhrchen wieder Wasser aus, bis das gesammelte Wasser in CD wieder *mn* übersteigt, wo sogleich das Fließen des Wassers wieder nachläßt u. s. f.

* Weil das Intermittiren der Wasserergießung von dem Willen des Experimentators abzuhängen scheint, so erhielt dieser Brunnen den Namen „Gehorsamsbrunnen" (fons obedientiae).

** Die Heber-Phänomene, und alle hier angeführten Maschinen werden im Experimental-Collegium monstrirt, und die noch nöthigen Vorsichten und Handgriffe gelehrt. —

212.

Von der Bewegung des Flüssigen, durch Saug- und Druck-Pumpen.

Erklärungen. Eine Vorrichtung, wobei

das Wasser, mittelst des Saugens, durch den Druck gehoben wird, heißt eine **Saugpumpe** (antlia fuctoria).

An einer Saugpumpe (Fig. 61. Taf. II.) unterscheidet man mehrere Theile. Die Röhre BC, in welcher ein genau anschließender Körper A (ein **Kolben, Stempel,** embolus) auf- und nieder bewegt wird, wird **Stiefel** genannt; die am Kolben A befestigte Stange *ab* heißt die **Kolbenstange**; den über dem Kolben stehenden Theil nennt man das **Steigrohr.** Ein an der Kolbenstange angemachter Hebel dient zur leichten Bewegung der Kolbenstange, und hat den Namen **Schwengel.**

Der Kolben A ist in der Mitte durchbort; und die Oeffnung *a* mit einer Vorrichtung versehen, welche das Wasser über den Kolben steigen, aber nicht wieder durch denselben zurückgehen läßt: eine solche Vorrichtung nennt man ein **Ventil.**

Ein ähnliches Ventil, das sich nach oben öffnet, und nach unten schließt, ist auch unterhalb am Stiefel eingesetzt.

* Von der **Materie** und **Form** der Ventile (Klappen- Regel- Kugel- Ventile 2c.), und von den Kolben in den Vorlesungen.

213.

Wird eine solche Anrichtung in ein Wasser gestellt, so steigt das Wasser im Stiefel bis zur Höhe des Wassers ausser demselben, z. B. hier bis *gh*. Zieht man dann den Kolben in die Höhe, so entsteht zwischen ihm und der Wasserfläche *gh* ein luftleerer Raum, gegen welchen die atmosphärische Luft drückt, und das Wasser, welches das untere Ventil *m* hebt, in denselben hineintreibt. Bewegt man hierauf den Stempel wieder nieder, so schließt das gedrückte Wasser das Ventil *m*; öffnet dagegen das des Kolbens, und steigt durch dieses gehend, über dasselbe. Nun zieht man den Kolben wieder in die Höhe; es schließt sich das Ventil im Kolben, und das vorhin durchgedrungene Wasser wird gehoben, während daß sich das untere Ventil wieder öffnet, und das von dem Luftkreise gedrückte Wasser wieder einläßt u. s. f. bis durch wiederholte Bewegung der Kolbenstange das Wasser durch die Gußröhre *o* ausfließt.

* Ist der Stiefel so tief in das Wasser eingesenkt, daß der Kolben auch gehoben, noch unter der Wasseroberfläche steht: so dringt das Wasser durch den blossen Wasserdruck durch die Klappen (Hydrostat.), und die ganze Vorrich-

richtung ist durch das Kolbenspiel ein bloſſes **Hebwerk** (antlia eleuatoria): die **gemeine Wasserpumpe** ist gewöhnlich ein solches Hebwerk.

** Eine Röhre mit einem **Kolben ohne Ventil**, heißt eine **Spritze**, **gemeine Wasserspritze**; sie saugt aus dem angeführten Grunde Wasser, sobald der Kolben herausgezogen, und sein unterer Theil unter Wasser gehalten wird.

214.

Liegt das Wasser sehr tief, z. B. in einem tiefen Brunnen, in Gruben u. d. gl., oder ist das Wasser wie immer hoch zu heben: so wird an den Stiefel noch eine etwas engere Röhre angesetzt (Fig. 62. Taf. II.); diese Röhre CBM heißt **Saugröhre** (**Ansteckelkiel**); zu unterst wird sie mit einem durchlöcherten Bleche (Seiher), und am Orte der Zusammenfügung bei CB, mit einem Ventile versehen. Die Kolbenstange verlängert man so, daß sie genau an das Ventil anliegt. — Wird der Kolben gehoben, so entsteht eine Luftverdünnung, die sich der engern Röhre mittheilt; es wird gesaugt: sogleich wirkt der Luftdruck, der das Wasser in die Saugröhre, und bei wiederholter Kolbenbewegung bis

über

über das Ventil *m* treibt, wo es dann durch den Kolben gehoben, und bis zur Gußröhre gebracht wird.

* Mittelst dieser Anrichtung wird das Wasser auf eine Höhe von 78 bis 84 Schuh gehoben. Setzt man in den Wasserbehälter, in den sich in solcher Höhe das Wasser ergießt, wieder einen Stiefel mit einer Saugröhre, so kann das Wasser auf die doppelte Höhe — und so immer weiter hinauf geschöpft werden.

** Im **Experimental-Collegium** werden die Erscheinungen der **Saugpumpen** und **Spritzen** an Modellen, woran der Stiefel aus **Glas** ist, anschaulich gemacht.

215.

Eine Pumpe, in welcher das Wasser durch die drückende Gewalt des Kolbens in eine Röhre, die mit dem Stiefel verbunden ist, fortgetrieben, und in derselben gehoben wird, heißt **Druckpumpe**, ein **Druckwerk** (antlia compressoria (Fig. 64. Taf. II.).

Der Kolben A, der in den Stiefel, wie bei der Saugröhre, genau einpassen soll, ist nicht durchbort, sondern ganz, massiv, mithin ohne Ventil.

Am Boden des Stiefels, und an der Seitenröhre (Gurgel, Kropfröhre) sind Ventile angelegt, die sich aufwärts öffnen.

Die Fortsetzung der Gurgel heißt Steigröhre.

216.

Wird der Kolben A gehoben, so öffnet sich das Ventil *m*, und läßt das Wasser ein; geht hierauf der Kolben wieder nieder, so fällt das Ventil *m* zu (213.), und das gedrückte Wasser entweicht in die Gurgel durch das Ventil *b*. Zieht man den Kolben wieder in die Höhe, so wird das Ventil *b* durch das Wasser, das oberhalb desselben steht, zugedrückt, *m* aber im Stiefel wieder geöffnet — und so fort.

* Bei dieser Vorrichtung wird das Wasser zwar mit jedem Herabsteigen des Kolbens fortbewegt: es folgt aber auf diese Bewegung während des Aufsteigens des Kolbens immer eine Ruhe: die Bewegung des Wassers macht Pausen, intermittirt. — Um das Erheben und Ausfließen des Wassers in grösserer Menge zu erhalten, verbindet man zwei Stiefel, und nennt die Verbindung eine **doppelte Druckpumpe.**

217.

Die Einrichtung eines doppelten Druckwer-

werkes ist (Fig. 65. Taf. II.) abgebildet. An der Seite eines jeden Stiefels ist eine Gurgel angebracht; beide enden in einen gemeinschaftlichen Wasserbehälter, der sich in eine Steigröhre verlängert; an den Oeffnungen der Gurgeln, innerhalb des Wasserbehälters, sind Ventile, die sich aufwärts öffnen und abwärts schließen.

Wird diese Druckpumpe in Bewegung gesetzt, so sinkt, drückt und bewegt der eine das Wasser, während der andere in die Höhe steigt; da wird dann immerfort Wasser geschöpft, und so durch diese Vorrichtung das **Doppelte** der einfachen Druckpumpe geleistet.

218.

Bei dem **Wechsel der Kolben** entsteht indeß auch hier eine **kurze Ruhe**; auch hier wird, wie bei der **einfachen** Druckpumpe, das Wasser in **Absätzen** — **stoßweise** bewegt. Es ist dieses ein Fehler, dem man dadurch abhilft, daß die **elastische Luft** in Mitwirkung gesetzt wird. Zu diesem Ende fügt man eine Steigröhre *bd* so in den Behälter E ein, daß sie beinahe bis auf den Boden reicht. Sobald sich nun durch die Gurgeln Wasser in den Behälter E ergießt, so wird die in demselben enthaltene Luft zusammenge-

gepreßt: die zusammengepreßte Luft strebt, und zwar continuirlich, sich wieder auszudehnen; wirkt dadurch auf das in den Behälter gestossene Wasser unaufhörlich drückend, und treibt es durch die Steigröhre *b d*, und zwar ohne Absatz — continuirlich fort.

* Dem Wasserbehälter E gibt man bei einer solchen Einrichtung den Namen eines **Windkessels.**

** **In Verbindung mehrerer Druckwerke** kann eine ungeheure **Wasser-Masse** auf **beträchtliche Höhen** gehoben werden. Das berühmteste Wasserwerk dieser Art ist noch immer dasjenige, welches **Ludwig XIV. zu Marly** durch **Rannequin** aus Lüttich anlegen ließ. Es haben an diesem Wasserwerke 1800 Menschen 7 Jahre lang gearbeitet; es wurden Materialien verbraucht: 1,700,000 Pfund Kupfer, eben so viel Blei, 20mal so viel Eisen, und 100mal so viel Holz. Das Wasser wurde aus der Seine geschöpft, und in einen Behälter getrieben, der 502 Fuß höher, als die Seine lag, und 3684 Fuß von derselben entfernt war. Das Wasser wurde längs einer Anhöhe in drei Absätzen hingeführt, wo das Wasser ausgegossen, und von diesen wieder durch neue Druckwerke weiter fortgeleitet ward.

219.

Hat man bei den Druckpumpen die Absicht, das Wasser durch die Mündung eines Steigrohrs hinauszutreiben, um z. B. ein Feuer zu löschen: so nennt man die Anrichtung eine Spritze — eine **Feuerspritze.** Feuerspritzen mit Einem Druckwerke heißen **Handspritzen**, weil sie gewöhnlich durch Einen Mann regirbar sind. Die **wirksamern** Feuerspritzen bestehen immer aus einem **doppelten** Druckwerke, dessen Gurgeln sich in ein **einziges Gußrohr**, oder in einen **Windkessel** vereinen; im ersten Falle spritzt das Werk **stoßweise**, im zweiten Falle **stetig, ohne Absatz**: daher der Unterschied zwischen **Stoß-** und **Guß-Spritzen.** — Ist das Gußrohr ganz von Metall, und nur mit Gelenken zur Direction versehen, so nennt man die Feuerspritze eine **Hebelspritze**; besteht aber das Gußrohr aus einem biegsamen Schlauche (aus Leder, Segeltuch u. d. gl.): so wird die Feuerspritze eine **Schlangenspritze** genennt. —

* **Karsten**: Ueber die vortheilhafte Anordnung der Feuerspritzen. Griesfeld 1773. — **Klügel** von der besten Anordnung der Feuerspritzen ꝛc. Berlin 1774. — **Hesse** prakt. Abhandl. zur Verbesserung der Feuerspritzen. Gotha 1778. —

220.

Bewegung der Flüssigen durch den Stoßheber.

Der Stoßheber ist eine Maschine, für deren Erfinder sich Joseph und Stephan Montgolfier ausgaben, und ihr den Namen *Belier hydraulique* (hydraulischer Widder) zutheilten, weil in dieser Maschine

das Wasser durch einen sich stets wiederholenden Stoß auf beliebige Höhen getrieben wird.

Fig. 63. Taf. II. ist der Stoßheber abgezeichnet. AB ein senkrecht stehendes Gefäß, heißt **Fallröhre**; BCD, eine mit dem Gefässe AB verbundene horizontalliegende Röhre wird **Leitungsröhre** genannt. EF stellt einen **Windkessel** vor, und steht durch ein Ventil *m* mit der Leitungsröhre in Verbindung. Bei L ist ein Steigrohr luftdicht eingemacht; sie reicht im Windkessel, wo sie vom Ventile ab, etwas gebogen ist, beinahe bis an den Boden, und hat nach oben eine Verlängerung bis zu einem **Wasserbehälter**. Bei M, wo ein zweites Ventil angebracht ist, erweitert sich die Leitungsröhre **elliptisch**, und beugt sich unter M etwas **auswärts**.

221.

Nach allen diesen Vorrichtungen schließt man das Ventil M. Das Gefäß A B, und die Leitungsröhre B C D wird mit Wasser gefüllt, das durch das Ventil des Windkessels, das sich aufwärts öffnet, in den Windkessel eindringt. Nachdem sich das Wasser mit der comprimirten Luft in das Gleichgewicht gesetzt hat, und alles in Ruhe ist: so drückt man das Ventil M, das sich abwärts aufthut, nieder, und zieht die Hand schnell zurück. Das Wasser strömt itzt bei *c* und *e* aus, und bedingt die Bewegung der ganzen Wassermasse:

nemlich das Wasser in A B fällt, drückt fallend auf das Wasser in der Leitungsröhre B C D, und dieses auf die zwei Ventile M und *m*; das erste Ventil M wird zugestossen, hingegen öffnet sich das zweite: das Wasser dringt durch diese Oeffnung in den Windkessel, und comprimirt die Luft, die dann sich expandirend, das Wasser in die Steigröhre P L hinauftreibt: dadurch schließt sich auch das Ventil *m*; das Wasser prällt von dem Windkessel zurück, und strömt gegen die Fallröhre A B: wobei sich das Ventil M öffnet, und das Wasser ausläßt.

Das

Das ausfließende Wasser schließt aber auch das Ventil M wieder zu. Hierauf öffnet sich abermal das Ventil *m*: es dringt eine neue Menge Wassers in den Windkessel; die zusammengepreßte und sich wieder expandirende Luft, treibt das Wasser nur noch weiter in der Steigröhre empor, und so geht diese Bewegung ununterbrochen fort —, wodurch dann nach und nach so viel Wasser in die Steigröhre getrieben wird, daß es in Höhen, die ungleich grösser sind als die des Falls, sich durch Q in einen Behälter ergießt.

* **Montgolfier** soll bei einem Falle des Wassers von 10 Fuß dasselbe bis auf eine Höhe von 1280 Fuß durch den *Belier hydraulique* gehoben haben. — Eine solche Wirkung würde allerdings den **hydrostatischen Gesetzen widerstreiten**, wirkte der **Wasserdruck allein**; aber es ist die Wirkung der **elastischen Luft** mit im Spiele, und das **Leben des Wassers** (180.), das durch dieselbe erregt wird. — Nachstehende **Erläuterung** wird dieses noch klarer machen.

222.

Sobald das Ventil M niedergedrückt wird, so kommt das Wasser in der Fall- und Leitungs-

Röhre in Bewegung; das bewegte Wasser dringt gegen die beiden Ventile M und *m* an, schließt jenes zu, und öffnet dieses: das durch *m* in den Windkessel einströmende Wasser findet an der bis auf einem gewissen Grade comprimirten Luft eine Reaction: nimmt daher, theils durch sein eigenes Gewicht, theils durch die Expansion der Luft gedrängt, eine rückgängige Bewegung an, wobei sich das Ventil *m* schließt, hingegen das Ventil M, da das zurückströmende Wasser zwischen M und C einen luftverdünnten Raum bewirkt, durch seine Schwere sinkend, öffnet. Indem nun durch die Oeffnung des Ventils M das Wasser wieder ausfließt, wiederholt sich der Fall des Wassers in der Röhre AB, so wie die Bewegung desselben in der Leitungsröhre BCD, wodurch die Reihe der vorigen Phänomene wieder anhebt, und so sich durch fortwährende Oscillation des Wassers, die Bewegung des Stoßhebers fortsetzet. —

I. Die Kraft des stets neu belebten Wassers in der Fall- und Leitungsröhre ist demnach der eigentliche Grund der Phänomene des Belier's: durch Mitwirkung der Luft entstehen Oscillationen, und durch stete Wiederholung derselben ist das Wasser wirklich stossend, und

der

der Name Stoßheber ist von Wrede (in Berlin) gut gewählt. — Auch verliert sich itzt das Räthselhafte oder der Schein des Widerspruchs: „Daß ein Wasserdruck einer Wassersäule, die viel höher als das Wasser steht, das Gleichgewicht halte.“ —

II. Da die Bewegungsgrösse durchgehens gleich ist der Masse in die Geschwindigkeit, so muß die Wirkung des Stoßhebers um so grösser sein, je grösser die Wassermasse bei derselben Geschwindigkeit, oder: je grösser die Geschwindigkeit bei derselben Masse ist.

* Indem die Wassermasse durch Verlängerung der Leitröhre; die Geschwindigkeit des bewegten Wassers aber durch Erweiterung der Ventilöffnung M vermehrt werden muß: so gibt man bei einer solchen Vorrichtung der Leitungsröhre eine Weite von 2, 3 und mehrern Zollen, und eine beträchtliche Länge, von 40 bis 100 Fuß. Die Ventilöffnung M wird so weit gemacht, daß dadurch die größtmögliche Geschwindigkeit des Wassers in der Leitröhre hervorgebracht wird. Hiezu ist das gehörige Verhältniß der Ventilöffnung (der Ausgußöffnung) zur Weite der Leitröhre und Fallhöhe nur durch Rechnung zu finden.

** Da diese Maschine **Pumpen** und **Räder** **entbehrlich** macht, und sich von Seite ihrer Einfachheit empfiehlt, so dürfte sie ausser dem, daß sie eine Bereicherung der Experimental-Physik ist, vielfältige **Anwendung** finden. Es sind auch schon in Deutschland mit Erfolg Versuche mit dem Stoßheber angestellt worden. Indeß wird der Gebrauch desselben immer eingeschränkt bleiben, weil fließendes Wasser erfordert wird, um ihn gehörig in Wirksamkeit zu setzen. (Dr. Pfaff und Friedländer, die neuesten Entdeckungen französ. Gelehrten in den gemeinnützigen Wssenschaften und Künsten. 1803. V. St. — Gilbert: Annalen der Physik. 1805. I. St.).

223.

IV. Von der Bewegung eines flüssigen, mittelst der Schöpf-Werke.

Zu den Schöpfwerken rechne ich

1. die **Wasserschraube**;
2. die **Schöpfräder**;
3. die **Kastenwerke**;
4. das **Kugelwerk**;
5. die **Wasserkunst**.

224.

1. Die **Wasserschraube** oder **Wasserschnecke** ist

ist eine der ältesten Wassermaschinen, dieselbe wird dem **Archimedes** zugeschrieben, und deßwegen *cochlea Archimedis* genennt: sie mag aber wohl viel älterer Erfindung sein. Es sollen sich schon im hohen Alterthume die **Aegyptier** dieser Schraube bedient haben, um das Wasser aus den Wiesen zu schöpfen, über welchen der Nil stehendes Wasser zurückgelassen hatte.

Die **Wasserschraube** besteht aus einer bleiernen Röhre, die schraubengangartig um eine schiefliegende Spindel herum gewunden ist. Die untere Oeffnung der Röhre steht unter Wasser, das sich vermöge seiner Schwere und seines Druckes durch dieselbe in die Röhre begibt. Wird die Spindel der Wasserschraube gedreht, so daß die Oeffnung vorausgeht, so wird das eingetretene Wasser nach und nach durch alle Schraubengänge durchgeführt, und aus der obern Oeffnung der Röhre ausgegossen.

* Die **ausführliche Theorie** dieser Maschine unterliegt schweren Rechnungen, und gehört dann der **höhern Mechanik** — der **Hydrodynamik** an. Hier ist nur zu bemerken, daß die Spindel mit dem Horizon höchstens einen Winkel von 45 Graden machen dürfe, und mithin das Wasser mittelst dieser Maschine sich nur auf geringe Höhen he-

ben, und so sich nur etwa bei dem Grundbau, bei Weihern u. d. gl. benutzen lasse. — Die Wasserschraube ist bei den Vorlesungen vorzuzeigen. — Auch wird an einem hölzernen Cylinder, um den ein Schraubengang herumgelegt, und darinn ein steinernes Kügelchen beweglich ist, augenscheinlich, gemacht, wie fern die Phänomene der Wasserschraube statt haben, und daß der leichtbewegliche Körper (eine Kugel — noch viel mehr das Wasser) so bewegt werde, als ob eine schiefe Fläche unter ihm hinweggeschoben, und so er durch sein eigenes Gewicht auf der Schraubenfläche erhalten werde.

** Zwischen den Gängen der ersten Röhre wird manchmal eine zweite oder dritte angelegt, um eine grössere Quantität Wasser zu heben; daher der Name „doppelte, dreifache Wasserschraube". — Die Bewegung der Wasserschraube geschieht mittelst einer Kurbel, durch ein Wasserrad u. a. Es werden auch mehrere Schrauben übereinander gestellt, um das Wasser höher zu bringen u. d. gl. (Leupold: theatr. mach. hydraul.).

*** Da es Mühe kostet, bleierne Schraubengänge um eine Spindel herumzubeugen: so werden den Tonnen ähnliche Vorrichtungen gemacht, worinn Schaufeln nach Art einer

Wen-

Wendeltreppe um einen Cylinder liegen. In Holland sind die Tonnenmühlen solche Maschinen.

225.

2. Die Schöpfräder. Wasserräder, an denen zwischen zwei Schaufeln Kästchen eingemacht sind, die an den Seiten offen, und an der Stirne geschlossen sind, daß sie unter Wasser getaucht, das Wasser in sich nehmen — schöpfen, bei dem Umschwunge des Rades in die Höhe bringen, und da ausgießen, heißen Schöpfräder.

* Die mancherlei Arten von Schöpfrädern werden in Modellen gezeigt.

226.

3. Die Kastenwerke. Maschinen, wodurch mittelst der Eimer oder Kästen, die an Stricken oder Ketten befestigt sind, das Wasser auf bestimmte Höhen gehoben werden, werden Kastenwerke genennt.

* Diese Maschinen sind wegen Abnutzung der Stricke und Zerbrechlichkeit der Ketten in der Winterkälte u. a. nicht mehr üblich (bei Leupold).

227.

4. Das Kugelwerk. Eine Maschine, wo-

bei durch eine Röhre, die vertical im Wasser steht, ein Seil oder Kette mit Kugeln durchgezogen, und das Wasser, indem es den Raum zwischen den Kugeln füllt, in die Höhe gehoben wird.

* Diese Maschine setzt die stete Reinigkeit des Wassers voraus; ist kostspielig in der ersten Anlage, und dann fortwährenden Reparationen unterworfen; die Kugeln reiben sich bald ab u. s. w.; ein Kugel- und ein Kasten-Werk wird im Collegium vorgezeigt, und damit experimentirt.

228.

5. Die **Wasserkunst.** Ein Mechanismus, der dazu dient, daß das Wasser in grosser Menge, auf eine beträchtliche Höhe gehoben wird, um es von da aus, an mehrere tiefer liegende Orte fortzuleiten, wird eine **Wasserkunst** genennt.

Man errichtet zu diesem Ende einen Thurm (oder ein anderes Gebäude), der in Beziehung der Wasserleitung eine bequeme Lage, und in Hinsicht auf die Leitungspuncte eine verhältnißmässige Höhe hat — man baut einen **Wasserthurm.**

Mit dem Wasserthurme wird ein Schöpfwerk, gewöhnlich ein Saug; oder Druckwerk in Verbin-

bindung gesetzt, wodurch Wasser in berechneter Menge herbeigeführt, im Thurme empor gehoben, und zu oberst in einem Wasserbehälter (Wasserkessel) ausgegossen wird.

In dem Boden des Wasserkessels wird eine verhältnißmässige Röhre eingesetzt, bis an den Fuß des Thurmes herabgeführt, und da in einiger Tiefe unter der Erde in so viele kleinere Röhren verzweiget, als Orte sind, denen das Wasser zufließen soll. — Nemlich in der Röhre fällt das Wasser durch sein Gewicht, läuft in den Nebenröhren, gedrückt im Verhältnisse der Höhe, nach allen Richtungen, und zu jeder Höhe, welche die des Ursprungs — des Wasserkessels im Thurme nicht übersteigt.

* Der Wasserkessel in einem Wasserthurme gleicht einer Wasserstube A (Fig. 46. Taf. II.), die Ableitungsröhre und die Fortleitungsröhrchen kommen mit den Teicheln überein: die ganze Anlage einer Wasserkunst ist der ähnlich, die wir oben (185.) beschrieben haben; und da erfolgt dann alles nach den oben aufgestellten hydrostatischen Gesetzen, sobald das Wasser durch eine hydraulische Anrichtung im Wasserthurme gehoben ist.

** In dem Wasserkessel wird noch eine besondere, etwas dünne Röhre angebracht, ei-

ne

ne Abführungsröhre: dieselbe hat beinahe die Höhe des Kessels, und steigt, durch den Boden des Kessels durchgeführt, bis zur Erde herab, um das Wasser aus dem Kessel im Falle einer Ueberfüllung, abzuführen, und dadurch das Ueberlaufen des Wasserkessels zu verhindern.

*** Daß der Zufluß mit der Menge des Abflusses im gehörigen Verhältnisse stehen müsse, ist wohl für sich klar (185.*).

V.

Von dem Gleichgewichte der Nichttropfbarflüssigen.

229.

Die Nichttropfbarflüssigen sind Flüssige, in denen die Expansion so herrschend, und durch sie die Contraction und Schwere so besiegt ist, daß das Streben nach der Indifferenz nicht zum Effecte kommen — keine Tropfenbildung bewirken kann.

Eine solche Herrschaft der Expansion ist entweder permanent so, daß dieselbe weder die Vergrösserung der Contraction durch was immer für eine Kälte, noch ein mechanischer Druck überwältigen, und ein Tropfbarflüssiges herstellen kann — oder nicht permanent so,

daß

daß die Herrschaft der Expansion durch einen Kältegrad, oder durch mechanischen Druck bezwungen, und die Tropfengestalt hervorgebracht werden kann. Ein Beispiel des erstern gibt uns die Luft, des zweiten der Dampf.

230.

Die Lehre von dem Gleichgewichte der Nichttropfbarflüssigen nennen wir Aerostatik.

231.

Das Gleichgewicht der Nichttropfbarflüssigen kann, wie das der Tropfbarflüssigen (140.), zweifach behandelt werden:

I. sofern der Druck der Nichttropfbarflüssigen an und für sich, und

II. sofern er im Verhältnisse zu andern festen Körpern

betrachtet wird.

232.

I. Von dem Gleichgewichte der Nichttropfbarflüssigen unter sich.

Die Nichttropfbarflüssigen erscheinen uns vornehmlich an der grossen Luftmasse, die sich um

den

den Erdball her, bis auf eine beträchtliche Höhe befindet, und Atmosphäre heißt. Gleichwie demnach das Wasser in der Hydrostatik die Tropfbarflüssigen vertritt, so werden in der Aerostatik die Nichttropfbarflüssigen durch die atmosphärische Luft repräsentirt, und so sind die allgemeinen Gesetze des Gleichgewichtes der atmosphärischen Luft für die Gesetze aller Nichttropfbarflüssigen zu halten.

233.

Die Luft ist überhaupt ein Flüssiges, und zwar ein Flüssiges, das schwer ist; wie dieses die Wage beweist, wenn eine gläserne Sphäre einmal luftleer, dann luftvoll gewogen wird: die Luft drückt daher nieder, und als Flüssiges, nach den Gesetzen der Flüssigen (Hydrostatik): es gelten daher auch von der Luft, mithin von den Nichttropfbarflüssigen folgende Gesetze.

I. Jeder gedrückte Lufttheil drückt aufwärts so stark, als abwärts.

II. Der Druck der Luft auf eine gegebene Fläche steht (wenn sonst alles gleich ist) im Verhältnisse der Höhe.

III. Die in jeder Tiefe gedrückten Lufttheilchen suchen dem Drucke, nach allen Richtungen

zu

zu entweichen, drücken dann nach allen Seiten im Verhältnisse der Höhe.

IV. In dem nemlichen Horizontal-Durchschnitte ist der Druck durchgehens gleich.

V. Hält der Gegendruck dem Drucke die Wage, so besteht das Gleichgewicht; jede Störung dieser Gleichheit hebt das Gleichgewicht auf.

234.

Die Luft ist nicht blos schwer, sondern auch elastisch. Die Versuche mit der Luftpumpe geben hievon augenscheinlich den Beweis.

* Die Luftpumpe ist eine Maschine, die dient, die Luft in einem gegebenen Raume (Recipienten) zu verdünnen, oder, wie man sagt, ihn luftleer zu machen. Die Haupttheile dieser Maschine sind ein Stiefel AB (Fig. 67. Taf. II.) aus Metall, der gerade durchbort, und innerhalb sehr glatt gemacht ist; ein Kolben *a* aus Lederscheiben zwischen zwei Metallplatten eingeschraubt, und in den Stiefel so einpassend, daß er wohl schließt, und doch leicht beweglich ist; eine am Boden angebrachte dünne Röhre *x d*, die sich in Mitte des Tellers *f g* endet; zwei Hahnen, deren einer *m* nahe am Stiefel, der andere *n* unter dem Teller, worauf ein Recipient gesetzt

setzt wird, angebracht ist; endlich ein Mechanismus zur Bewegung des Kolbens, der an einer Kolbenstange befestigt ist. — Die Aufgabe an den Mechanicer ist, diese Maschine dauerhaft, und vollkommenst — so zu bauen, daß durch sie, mit möglichst leichter Mühe, in möglichst kurzer Zeit, die möglichst grosse Luftverdünnung bewirkt werden könne. Die Versuche, diese Aufgabe zu lösen, haben die verschiedensten Einrichtungen und Formen der Luftpumpen veranlaßt: daher

die Hahnen- und Ventil-Pumpen, Hebel- Kurbel- Steigbiegel- Haspel- ꝛc. Pumpen; verticale, horizontale, schiefliegende Pumpen mit einem und mit zwei Stiefeln. U. s. w.

Auch werden die Luftpumpen von den Männern her benennt, die sie erfunden, verbessert, oder wie immer vortheilhaft oder sinnreich eingerichtet haben. Diese sind: **Otto Guerike**, Bürgermeister zu Magdeburg, **der eigentliche Erfinder der Luftpumpe**: er experimentirte mit derselben zu Regensburg vor dem Kaiser Ferdinand III. und mehrern Reichsfürsten im Jahre 1654: seine Versuche giengen ins Grosse. — **Robert Boyle**, ein Engländer (1659.), **Senguerd** (Fig. 67. Taf. II.), **Hawksbee** (1709.), **Gra-**

Gravesande (1765.), Smeaton (1759.), Clemens von Baader (1784.), Chutberson (1788.), Schrader (1791.), u.v.a.

235.

Die Atmosphäre steht sehr hoch über der Erde. Gewiß ist es, daß sie über die höchsten Berge hinausreicht; denn auf ihren Gipfeln können Menschen athmen, und über denselben stehen noch in beträchtlichen Höhen Wolken. Ob nun gleich das specifische Gewicht der Luft zu dem des Wassers (bei o der Reaumür. Scale, und bei 28 Zoll Höhe des Luftdruckes) sich verhält = 1 : 810 (nach Brisson): so liegt dennoch eine grosse Luftmasse auf der Erde, und drückt auf sie; ja, die Luft, welche uns umgibt, trägt das ganze Gewicht der aufliegenden Luftmasse, und erleidet dann,

indem sie elastisch ist,

eine Zusammendrückung. —

I. Die Luft um uns her ist demnach in einem Zustande, der ihr Gewalt anthut; — sie wird von der aufliegenden Luft auf einen engern Raum beschränkt — so lange zusammengepreßt, bis ihre Reaction — ihr Streben sich wieder auszuspannen, der drückenden Last gleich kommt — die Wage hält.

II. Die

II. Die Luft ist nahe an der Erde in Vergleichung mit der, die sich obenzu befindet, am dichtesten: ihre Dichtigkeit nimmt im Verhältnisse der Höhe ab.

* Das Experiment mit dem Gefässe, das man im Thale luftdicht schließt, und auf einem hohen Berge öffnet — und umgekehrt, bestätigt dieses. U. s. w.

III. Die atmosphärische Luft, die auf einer gegebenen Fläche aufliegt, ist demnach zu betrachten als eine hohe Säule, die besteht aus vielen, ungleichen, übereinander liegenden Schichten von sehr kleinen Höhen, deren jede ihre eigene Dichtigkeit hat.

236.

Die Elasticität der Luft ist es, welche der drückenden Gewalt der aufliegenden Luft entgegenwirkt; da im Gleichgewichte die Gegenwirkung gleich sein muß, und die Elasticität auch wirklich jeder drückenden Gewalt der Luftmasse die Wage hält (235.): so wächst die Elasticität der Luft im Verhältnisse der Kraft, welche die Luft comprimirt.

* Die Versuche mit der Hahnen-Luft-Pumpe, wodurch man die Luft nicht nur zu verdünnen, sondern auch zu comprimiren vermag, beweisen dasselbe. I. Die

I. Die Grösse der Elasticität der Luft ist daher der Grösse des Luftdruckes gleich.

II. Indem bei verstärkter Elasticität der Luft durch den Druck, die Dichtigkeit derselben wächst, mithin ihr Umfang kleiner wird, so steht die Grösse der Elasticität

im geraden Verhältnisse mit der Dichtigkeit der Luft,

und im verkehrten mit dem Raume, in welchen sie gedrängt wird.

* Dieses Gesetz ist unter dem Namen des Mariotteschen bekannt; gilt aber nur so lange in seiner Strenge, als lange die Zusammendrückung nicht zu weit getrieben wird; denn die Zusammendrückung der Luft hat eine Gränze, wo sie einem grössern Drucke widersteht, ohne daß ihr Raum eine Verminderung leidet.. Winkler hat das Gesetz des Mariotte's noch bei dem achtfach verminderten Raume richtig befunden; dasselbe dient daher bei den gewöhnlichen Versuchen und Beobachtungen immer zur Regel.

237.

Die Luft, welche an irgend einer Fläche angränzt, und im Verhältnisse der aufliegenden Luftmasse zusammengedrückt wird, strebt sich wieder auszudehnen

nicht

nicht nur in der Richtung der drückenden Gewalt,
sondern auch nach der entgegengesetzten Richtung,
drückt daher mit ihrer Federkraft unmittelbar nicht nur aufwärts, sondern auch abwärts auf die Fläche.

I. Es drückt daher eine Luftsäule auf eine gegebene Fläche mit ihrem **Gewichte**, und durch ihre **Elasticität**;
durch diese aber nur sofern, als die Luft gedrückt wird: also im **Verhältnisse der aufliegenden Luftmasse.**

238.

Die **Atmosphäre** ist eine eigene Welt — die **Aussenwelt** der **Pflanzen** und der **Thiere.** Sich über die Erde erhebend, nimmt sie stets ab an der **Temperatur**, wickelt die höchsten Gebirge ein, und umgürtet die ganze Erdkugel; sie berührt fortwährend die Oberflächen des festen Landes und der Gewässer; sie dringt in das Innere des Erdbodens, und nimmt an allen Wirkungen, die da überall vorgehen, thätigen Antheil; sie ist die Werkstätte, worinn die Natur ihre **chemischen Processe** im Grossen treibet,

und

und die dynamischen Kräfte zur Erzeugung der Meteore räthselhafteſt ſpielen läßt. Sogar mit den Himmels-Körpern ſteht die Atmosphäre im Zuſammenhange und Verhältniß. — Woraus dann allerdings erfolget ein beſtändiger Wechſel

der Höhe der Luftſäulen, die auf den Erdekörpern aufliegen;

der Dichtigkeit und Elaſticität der Luft;

ſomit des Druckes der Atmoſphäre.

* Ich erinnere hier nur an die unerſchöpflichen Erzeugniſſe der Kälte und Wärme in der Atmoſphäre, wodurch ein Theil einer Luftſäule bald conſtringirt, bald expandirt, und dadurch ihre Elaſticität itzt vermindert, dann wieder vermehrt wird — an die Bildungen von Dünſten, welche die Luftelaſticität ſchlaff machen — an die Productionen der Wolken und unzähliger anderer Lufterſcheinungen, die das Gewicht der Luftſäulen ſtets alteriren — u. ſ. w.

239.

Dieſemnach kann der Druck der Luft bei derſelben Höhe und Maſſe einer Luftſäule mannigfaltigſt geändert werden; — auch bei derſelben Elaſticität kann die Höhe oder die Maſſe

ei-

einer Luftsäule Aenderungen eingehen, und so den Luftdruck modificiren. — Aber auf solche Weise hängt der Wechsel des Luftdruckes

weder allein von der Masse einer Luftsäule,

noch allein von der Elasticität der Luft ab, sondern:

hat sich der Druck der atmosphärischen Luft geändert, so muß eine Veränderung vorgefallen sein

entweder in der Luftmasse;

oder in ihrer Elasticität;

oder in beiden zugleich.

* Die weitern Ursachen, welche die Veränderungen in den Luftdruck einführen, sind schwer zu beobachten, und eben so schwer zu berechnen: wir stossen hier wieder auf eine Unendlichkeit, an der sich die Nachwelt genug zu beschäftigen hat. —

240.

Ausser der atmosphärischen Luft kennen wir noch andere Luftarten, die theils von Natur, theils durch Kunst, durch chemische Auflösung der Körper erzeugt werden. Es sind deren viele Arten bereits bekannt, die sich nicht nur

an

an Qualität,

sondern auch am specifischen Gewichte, voneinander merklich unterscheiden. Wir haben oben (174. T.) einige der erzeugten Luftarten namhaft gemacht, und ihre specifischen Gewichte angegeben. Kommen solche Luftarten in Berührung und Verbindung, so tritt der Fall ein,

wo flüssige von verschiedenen specifischen Gewichten in communicirenden Röhren verbunden sind (155.).

I. Vereinen sich also in communicirenden Gefässen zweierlei Luftarten, so kann das Gleichgewicht nur statt haben, wenn sich die Höhen verkehrt, wie ihre specifischen Gewichte verhalten.

II. Werden mehrere Luftarten in einem Gefässe gemischt, so kommen sie nur dann zur Ruhe, wenn die Luft vom größten specifischen Gewichte sich zu unterst, die vom kleinsten zu oberst, und die übrigen in der Mitte, nach dem Verhältnisse ihrer Gewichte, befinden (155*).

* Daß dieses alles auch ausser den Gefässen erfolgen müsse, sobald Luftsäulen von verschiedenem specifischem Gewichte in Berührung kommen, ist für sich klar.

** Weil eine erwärmte atmosphärische

Luft von kleinerem specifischen Gewichte, als eine erkältete ist, so gelten auch von der atmosphärischen Luft die eben aufgestellten Gesetze: es wird bei dem Zusammentritte einer **warmen** und **kalten** (oder wie immer **verdünnten** und **dichtern**) Luftmasse erst das Gleichgewicht sein, nachdem die **kalte** (oder wie immer **dichtere**) den **untern**, und die **warme** (oder wie immer **verdünnte**) den **obern** Raum eingenommen hat.

241.

Aus dem eben Gelehrten ergibt sich, daß die **Elasticität** der Luft

nicht nur an und für sich,

sondern auch in Beziehung auf das specifische Gewicht (auf die Dichtigkeit) der Luft angesehen werden könne, und müsse; eine solche Beziehung hat auch den Unterschied eingeführt zwischen **absoluter** und **relativer Elasticität**. Die **absolute Elasticität** ist jene Ausspannungskraft der Luft, womit sie ohne alle Rücksicht auf Dichtigkeit, einer äussern, zusammendrückenden Gewalt widersteht. Die **relative Elasticität** ist die, welche als Grösse der Ausspannung in Beziehung auf die Dichtigkeit der Luft betrachtet wird.

I. Die

I. Die absolute Elasticität hält demnach allemal der zusammendrückenden äussern Gewalt die Wage, und ist dann allemal der äussern drückenden Gewalt gleich. Die relative Elasticität drückt hingegen das Verhältniß der absoluten Elasticität der Luft zu ihrer Dichtigkeit aus: man heißt daher eine Luft elastischer, wenn sie bei geringerer Dichtigkeit gleich starke, oder bei eben derselben Dichtigkeit stärkere Ausspannung äussert.

* Nennen wir die relative Elasticität E, die absolute A, die Dichtigkeit D: so ist die relative $E = \frac{A}{D}$; die absolute $A = ED$.

242.

II. Von dem Gleichgewichte der Nichttropfbarflüssigen im Verhältnisse zu andern Körpern.

Alle feste Körper, Mineralien, Pflanzen, Thiere, sind allerwärts mit Luft umgeben (238.), als eingetauchte in ein Flüssiges zu betrachten: es sind daher hier auch die Gesetze der Eintauchung fester Körper in ein Flüssiges, die wir in der Hydrostatik nachwiesen, anzuwenden.

I. Ein Körper, der sich in der Atmosphäre befindet, und so in der Luft untergetaucht ist, treibt Luft von der Stelle, die seinem Umfange gleich kommt.

II. Jeder Körper von der Luft umgeben, verliert von seinem Gewichte so viel, als das Gewicht der Luft von demselben Umfange beträgt.

III. Alle Körper in der Luft werden von ihr zum Theile getragen; und da drückt dann keiner mit seinem absoluten Gewichte nieder, sondern nur mit seinem relativen, d. i. mit dem, das übrig bleibt, wenn der Gewichtverlust in der Luft abgezogen wird.

IV. Indem aber das specifische Gewicht der Luft, vergleichungsweise, sehr gering ist (235.), so sieht man ein, daß der Gewichtverlust jener Körper, die in der Luft untergetaucht sind, nicht merklich werden könne, wenn ihr Umfang nicht beträchtlich groß ist.

V. Daher gehen alle Körper (feste und tropfbarflüssige) in der Luft bis auf den Boden nieder, weil alle, die wir kennen, specifisch gewichtiger als die Luft sind.

243.

Der Druck der Luft nach den aufgestellten Ge-

Gesetzen (233 ꝛc. 242.) äussert sich im Verhältnisse mit andern Körpern vielfältig: ich rechne hieher die Erscheinungen, welche darstellen

1. das Manometer;
2. die Drehung gewisser Maschinen;
3. die Dampfkugeln und Schießgewehre;
4. die Bewegung der Feuerräder u. d. gl.
5. die Torricellische Röhre;
6. der Flug der Vögel;
7. die Aerostaten.

244.

1. Wird eine etwas grosse hohle Kugel oder Flasche an einen empfindlichen Wagbalken mit einem Gewicht von Blei in das Gleichgewicht gebracht (Fig. 68. Taf. II.): so hat man ein Werkzeug, woran man die Zu- und Abnahme der Dichtigkeit der atmosphärischen Luft wahrnehmen, und daran messen kann. Ein solches Werkzeug wird **Manometer**, oder **aerostatische Wage** genennt. **Otto Guerike** erfand diese Vorrichtung, die zu seinem Andenken noch die **Guerikische** genennt, und unter andern zu diesem Zwecke erdachten, als die beste erfunden wird.

Die Kugel und das Gewicht sind in der Luft eingetauchte Körper; jeder verliert daher von sei-

seinem Gewichte so viel, als das Gewicht der von der Stelle getriebenen Luft beträgt. Weil aber das Blei einen sehr kleinen Raum einnimmt, ist sein Gewichtverlust = o zu achten. Die Glaskugel nimmt hingegen einen beträchtlich grossen Raum ein; verliert daher merklich am Gewichte und zwar mehr, wenn die Luft dichter, weniger, wenn sie dünner ist. Wovon es dann abhängt, daß im ersten Falle der Wagbalke, an dem die Kugel hängt, sinken, im andern Falle steigen — und dadurch die relative Dichte und Dünne der Luft anzeigen müsse.

* Setzen wir, die Luft, welche das Volumen der Kugel A ausschließt, habe bei Verfertigung des Manometers 704 Gran gewogen, und das Gegengewicht gebe 6 Gran Ausschlag, so wäre die jetzige Dichtigkeit der Luft $\frac{6}{704}$ grösser, als die anfängliche.

** Wird dieselbe Anrichtung zur Zeit, wo der Wagbalke horizontal steht, unter den Recipienten einer Luftpumpe gestellt, und die Luft ausgepumpt, so zeigt die Kugel das Uebergewicht: wird die Luft wieder in den Recipienten gelassen, so kehrt die Wage wieder in ihre horizontale Lage: welches allerdings augenscheinlich darstellt, daß die Körper in der atmosphärischen Luft immer zum Theile unterstützt

stützt, nicht mit ihrem ganzen Gewichte niederdrücken. — Wer die Oekonomie recht weit treiben wollte, müßte diesem gemäß Eiterdunen, Pflaumfedern u. d. gl. nur aufgelockert, und zur Winterszeit einkaufen. —

** Bei dem Gebrauche des Manometers in verschiedenen Höhen der Atmosphäre zeigt sich, daß die Dichtigkeit der Luft mit der Höhe sehr ungleichförmig abnehme (Gerstner, Gren's Journal der Physik, IV. B. 2. H.).

245.

2. Eine Röhre, die wie eine Schnecke gewunden ist, Schlangenform hat, und mit der Schwanzspitze auf einem spitzig auslaufenden Stängchen aufsitzt, fängt sich zu bewegen an, sobald Wasser aus dem Munde der Schlange ausfleußt, und zwar in einer Richtung, die der Richtung des fließenden Wassers entgegengesetzt ist. — Nemlich die Luft drückt nach allen Seiten: der Stral des ausfließenden Wassers prallt an diesem Seitendrucke ab, und dreht die bewegliche Schlange nach entgegengesetzter Richtung.

* Auf eben den Seitendruck der Luft stützt sich die Möglichkeit von Mühlen und ähnlichen Maschinen, ohne Rad: die Segnersche Maschine, Barkers Wassermühle u. d. gl. stellen solche Maschinen in ihrer Wirklichkeit dar.

246.

246.

3. Wird eine Dampfkugel auf ein Schiffchen, das im Wasser steht, gebracht, so stößt der Dampfausbruch an die Luft, und: die Dampfkugel nimmt sammt dem Schiffchen eine rückgängige Bewegung an.

* Aus demselben Grunde springt eine losgebrannte Kanone mit ihrer Laffete zurück — die Flinten stossen u. d. gl.

247.

4. Ein Feuerrad, das eine schneckenförmig gewundene, mit Pulver gefüllte Röhre bildet, kreiset, angezündet, um den Stift, um welchen es beweglich ist: es sprühen nemlich Feuerfunken straligt aus der Röhre, die an die Luft anstossen, und durch Reaction der Luft das Rad nach entgegengesetzter Richtung treiben.

* Aehnliche Feuerwerke haben aus derselben Ursache ihre Bewegung.

248.

5. Das Verhältniß des Luftdruckes zu andern Körpern zeigt sich wohl nirgends auffallender und instructiver, als in der Torricellischen Röhre. Hier fallen die Wirkungen der Luft nach hydrostatischen Gesetzen grell in die Augen. Das

Han=

Hangenbleiben des Queckſilbers in der Röhre und die Veränderungen in der Höhe desſelben ſind ſo viele Lehren,

die atmoſphäriſche Luft drücke nach allen Seiten und nach oben,

bewege ſich dorthin, wo ſich ein geringerer Gegendruck äuſſert;

und komme nur durch gleichen Gegendruck zur Ruhe — in das Gleichgewicht.

Auch die Gröſſe des Luftdruckes läßt ſich aus dem Stande des Queckſilbers in der Torricelliſchen Röhre für jede Höhe der Luftſäule beſtimmen.

Dieſes alles iſt nun zu zeigen.

249.

In dem Garten des Herzogs von Medicis zu Florenz wurde im 15. Jahrhunderte zuerſt die Bemerkung gemacht, daß das Waſſer in den Saugpumpen ſich nicht über 32 Fuß hebe. Weil man damals, nach den Begriffen der Ariſtoteliſchen Schule, das Steigen des Waſſers in den Saugpumpen aus einer Scheu der Natur vor dem Leeren erklärte, ſo wurde die Verwunderung über das neue Phänomen durch den Ausſpruch geſtillt, „daß ſich die Scheu der Natur

tur

tur vor dem Leeren (horror vacui) nur auf den Raum von 32 Fuß erstrecke.“ Torricelli, ein Schüler des Galilei (der sich von dem damaligen Schulbegriff nicht lossagen konnte oder wollte), dachte der Sache tiefer nach, und erklärte: der Druck der atmosphärischen Luft hebe und halte das Wasser in den Saugpumpen. — Um dieses klar darzuthun, füllte Torricelli (1643.) eine Glasröhre mit Queckſilber, in der Erwartung,

daß das 14mal gewichtigere Queckſilber in der Glasröhre unter denſelben Bedingungen nur $\frac{32}{14}$ d. i. zu einer Höhe von $27\frac{1}{2}$ Zoll ſteigen werde.

Der Erfolg krönte ſeine Erwartung vollkommen: das Queckſilber, womit er eine etwa 30 Zoll lange Glasröhre gefüllt, alsdann den Finger vorgelegt, und ſie hierauf mit der Oeffnung in einem Gefäßchen unter Queckſilber geſtellt hatte, ſank in der Röhre herab, bis auf eine Höhe zwiſchen 27 und 28 Zoll. — Zum Denkmale dieſer wichtigen Erfindung ward dann eine Röhre, in der Queckſilber hängen bleibt, von den Phyſikern genennt die Torricelliſche Röhre (tubus torricellianus).

* Nemlich die Luft drückt allſeitig und zwar prä-

prävalirend dorthin, wo der Gegendruck geringer ist. Nun entsteht aber bei dem Stempelzuge der Saugpumpe, und beim Herabsinken des Queckſilbers in einer Glasröhre, ein luftleerer Raum, wodurch der Gegendruck = o wird: die Luft ſtrebt dann mit Macht gegen den luftleeren Raum, und da in der Saugpumpe Waſſer, und in der Torricelliſchen Röhre Queckſilber im Wege liegt, ſo treibt ſie im erſten Falle Waſſer, im zweiten Queckſilber vor ſich her, bis das Gewicht des Waſſers oder das Gewicht des Queckſilbers ſeinem Drucke gleich kommt. . . Woraus dann auch klar wird, daß der Druck der atmoſphäriſchen Luft ſo groß ſei,

als eine Waſſerſäule von 32 Schuh,
oder als eine Queckſilberſäule von 28 Zoll Höhe, und gleicher Baſis mit der Waſſer- oder Queckſilberſäule.

— Die experimentirende Phyſik beſtätigt dieſes alles durch Verſuche mit der Luftpumpe, wobei ſich ergibt, daß das Queckſilber im Verhältniſſe der Luftverdünnung, oder Verminderung des Luftdruckes (240.**) aus der Röhre herabfalle, aber wieder ſteige, ſobald Luft eingelaſſen, der Luftdruck dadurch vermehrt wird, — und zwar in dem Verhältniſſe, in welchem die Luft eintritt, ſo, daß das Queckſilber ſich wieder auf eine Höhe von 28

Zoll

Zoll hebt, sobald die Luft unter dem Recipienten mit der äussern Luft im Gleichgewichte steht.

** Die Anwendung, die man von der Torricellischen Röhre bisher gemacht hat, erstreckt sich

auf nähere Bestimmung des Luftdruckes,
auf Höhen-Messungen,
auf Gewitterbeobachtungen. —

250.

Setzen wir, eine Queckſilberſäule, deren Höhe 28 Zoll, und deren Grundfläche 1 Quadratfuß iſt. Da ein Quadratfuß 144 Quadratzoll enthält, ſo liegen auf einer Quadratfläche 1 Fuſſes 144 . 28 = 4032 Cubiczoll Queckſilber. Nehmen wir an, was auch beinahe iſt, daß ein Cubiczoll Queckſilber $\frac{1}{2}$ Pfund wäge, ſo iſt der Druck gedachter Queckſilberſäule auf die Fläche 1 Quadratfusſes = 2016 Pfund. — Nun hält aber die atmoſphäriſche Luft von gleicher Baſis in ihre Höhe, dem Drucke einer ſolchen Queckſilberſäule die Wage (249.): es gleicht daher der Druck der atmoſphäriſchen Luft auf eine Fläche 1 Quadratfusſes einem Gewichte von 2016 Pfund.

* Daraus erklärt man ſich deutlich die Wir-

kun-

kungen der Heber (197. ꝛc.) und der Saug-pumpen (112. ꝛc.), den Zusammenhang der Magdeburgischen Halbkugeln, und gar viele ähnliche Naturerscheinungen, wovon die experimentirende Physik handelt.

251.

Der berühmte Pascal beschäftigte sich sehr mit der neu erfundenen Röhre des Torricelli, und schöpfte die Vermuthung, daß das Queck-silber auf dem Gipfel eines hohen Berges nicht so hoch als am Fusse desselben stehen müsse, weil sich mit der Höhe des Berges die drückende Luftsäule abkürzet. Perrier stellte, auf Anweisung des Pascals, die ersten Versuche hier über an, und bestätigte durch die Erfahrung die Vermuthung Pascals. Perrier fand am 19. Sept. 1663 das Queckſilber in einer Röhre, die im Klostergarten der Minimen zu Clermont stand, auf einer Höhe von 26 Zoll $3\frac{1}{2}$ Linie: es wurde dieselbe Röhre auf die Spitze des 300 Toisen hohen Berges Puy de-Dome gebracht; das Queckſilber sank auf 23 Zoll 2 Linien, und stand so auf dem Berggipfel um 3 Zoll tiefer, als am Fusse desselben. — Pascal selbst machte einen Versuch dieser Art auf dem 24 Toisen hohen Thurme der Kirche St. Jaques de la Boucherie in

Paris, und beobachtete, daß das Queckſilber oben im Thurme um 2 Linien tiefer, als unten ſtehe. Paſcal zog hieraus den Schluß, daß eine Torricelliſche Röhre als Mittel diene, die Höhe eines Ortes über ein anderes von ihm entferntes zu meſſen.

Beiläufig 20 Jahre nachher gab Mariotte eine Regel für die Höhenmeſſungen, die ſich auf dieſe Erfahrung ſtützt,

daß das Queckſilber um 1 Linie fällt, wenn die Torric. Röhre 63 Fuß höher gebracht wird.

Um die Rechnung zu erleichtern, nahm Mariotte eine Höhe von 60 Schuh an, auf welche das Queckſilber, das 28 Zoll oder 336 Linien zeigt, erhoben werden müßte, wenn es 335 Linien zeigen ſollte.

De Luc hat die Höhen einzeln berechnet, und ſeine Reſultate in einer Tabelle gegeben.

Halley war der erſte, der das Müheſelige und Unſichere in der Mariotteſchen Methode verbeſſerte dadurch, daß er auf die Höhenbeſtimmungen durch die Torric. Röhre die gemeinen Logarithmen anwandte, und dadurch mehr Genauigkeit in dieſelben brachte.

Aber auch bei Anwendung der Logarithmen

sind **Correctionen** nöthig, die vielen Schwierigkeiten unterliegen. Nemlich die **Wärme** nimmt mit der Höhe ab (238.), und man ist nicht einmal über das **Gesetz** dieser Abnahme einig. Das **Queckſilber** erleidet durch die Temperatur Einflüsse, die stets wechseln, bald eine **Ausdehnung**, bald eine **Zusammenziehung**. Auch die Atmosphäre ebbet und fluthet. — Mit der Höhe, auf die eine Torricel. Röhre getragen wird, nimmt seine **Entfernung** vom Mittelpuncte der Erde — mithin seine **Schwere** ab. Die Abnahme der **Dichtigkeit** von Unten nach Oben ist ebenfalls ungleichförmig (244.**) — u. s. w. (de **Luc**, **Mayr** **Laplace**, **Ramond**, u. a.).

* Die Beobachtungen haben gelehrt, daß die **Veränderungen der Queckſilber-Höhe** auf einer grossen Strecke Landes gleichzeitig sind, und bei gleichen Höhen gleich stark erfolgen; bei nicht allzugrossen Unterschieden der Höhen den **mittlern** Höhen der Queckſilbersäule proportional seien — bei grossen **Unterschieden** der Höhen aber dieses **Gesetz** aufhöre; indem die Höhenveränderungen des Queckſilbers in grossen Höhen **weit geringer** werden, als es das Gesetz fordert: wodurch eben die Höhenmessungen erschwert und unzuverläſſig werden. — **Bern. de Lindenau** lie-

ferte

ferte Tabellen, die nach den zuverlässigsten Beobachtungen entworfen sind, allen Forderungen möglichst genügen, und nicht viele Rechnungen fordern: „Tables Barométriques, pour faciliter le calcul des nivellements et des mesures des hauteurs par le Barométre. Par Bernard de Lindenau. Gotha. 1809.“

** Um den Abhang weiter Strecken Landes, oder den Fall der Flüsse zu messen, verfährt man so. Der Queckſilberstand in der Torric. Röhre wird in Orten, die weit entfernt sind, zu derselben Zeit beobachtet, wo dann die gleichzeitigen Beobachtungen die Data zur Vergleichung und Berechnung darbieten. —

252.

Die Höhe der Atmosphäre, die sehr problematisch ist, suchte man auch mittelst der Torric. Röhre zu bestimmen nach Mariotte's Regel, „daß die Dichten der Luft in geometrischer Progression abnehmen, wenn die Höhen der Stellen in arithmetischer Reihe wachsen.“ — Nemlich: die höchste Luftverdünnung, welche durch die beste Luftpumpe bewirkt wird, schätzt man auf das 1400 Malige. Man schließt daraus, daß eine Luft, die 1400mal dünner sei, als die, welche sich im ebenen Lande um uns her befindet, mit-

hin

hin kein weiteres Ausspannungsstreben äussere. Nun soll man die Höhe finden, in welcher die atmosphärische Luft 1400mal dünner ist, als in der Ebene? — Saussure hat beobachtet, daß auf dem Montblanc in Savoyen, in einer Höhe von 2257 Toisen über dem ebenen Lande, (eigentlich über der Meers-Oberfläche) das Barometer auf 16 Zoll, und nicht völlig 1 Linie stehe. Da die mittlere Höhe des Queckſilbers über dem Meere 28 Zoll beträgt, und sich 28 zu 16 = 7 : 4 oder = 4 : 2⅔ verhält, so muß in der doppelten Höhe des Montblanc die Dichtigkeit der Luft zur Dichtigkeit an der Erd- (Meeres-) Oberfläche sich verhalten = 2⅔ : 7, oder beinahe = 1 : 3; in der vierfachen Höhe ist sie = 1 : 9; in der achtfachen = 1 : 81 ... in der 14fachen = 1 : 2187 : also in einer 14mal grössern Höhe als 2257 Toisen, muß die atmosphärische Luft schon mehr als 2000mal dünner sein, als herunten auf der Ebene — an der Meers-Oberfläche. — Rechnet man auf eine Meile 3800 Klafter, so macht die doppelte Höhe des Montblanc genau ⅓⅝ einer Meile. Nehmen wir diese Höhe 7mal, also die Höhe des Montblanc 14mal, so erhalten wir 8⅓ Meile für die Höhe der Atmosphäre.

* Auſſer dem, daß dieſe Rechnung auf Hypotheſen beruht, die man in Anſpruch nimmt, ſo wird die Atmoſphäre als für ſich beſtehend, und ſelbſtſtändig vorausgeſetzt, das allerdings unrichtig iſt. Auch die Erdatmoſphäre greift als ein Theil in den groſſen Organiſmus ein, gravitirt gegen die Himmelskörper, und nimmt an ihren Einflüſſen Theil. Vielleicht ſtehen ſelbſt die Atmoſphären der Erde und der Himmelskörper in einem Zuſammenhange? — U. ſ. w.

253.

Man bemerkte bald, daß das Queckſilber in der Torric. Röhre täglichen Veränderungen unterliege, bald ſteige, bald falle. Otto Guerike war darauf beſonders aufmerkſam. Man ſchloß von den Veränderungen des Queckſilberſtandes auf Veränderungen des Gewichtes der drückenden Luftſäule, weil man den Druck lediglich ihrer Schwere zueignete, und hieß von nun an die Torricelliſche Röhre Barometer (Maß der Schwere). Viele meinten einen Zuſammenhang zwiſchen den Veränderungen des Queckſilberſtandes, und denen des Wetters wahrgenommen zu haben, und nannten das Barometer Wetterglas.

Nachdem, was wir oben (249.) lehrten, ist der **Luftdruck** die eigentliche Ursache des Hangenbleibens des Queckſilbers in der Torric. Röhre, und da dürfte wohl **Druck-Maß** (Thlibometer) die treffendſte Bezeichnung der Phänomene derſelben und ihrer Gröſſe ſein? —

Da der **Druck der Atmoſphäre** ſowohl von dem **Gewichte** der Luftſäulen, als ihrer **Elaſticität** abhängt (239.), ſo läßt ſich aus den **Veränderungen**, die man an dem Thlibometer wahrnimmt, weiter nichts anders mit Sicherheit ſchlieſſen, als:

entweder hat die **Luftmaſſe**,
oder ihre **Elaſticität** eine **Veränderung** erlitten;
oder jene und dieſe haben zugleich eine **Veränderung** eingegangen.

Allerdings können die beträchtlichen Aenderungen der Atmoſphäre, in Hinſicht auf ihre **Maſſe** und **Elaſticität**,

Meteore,
und **Gewitterveränderungen** zur Folge
— oder, da dieſelben ſelbſt **Folgen** ſind, zu Begleitern haben;
und ſofern mag es nicht unbedeutend ſein,
den Zuſammenhang der **Veränderungen**

in dem Thlibometer mit den Meteoren, und Gewitterveränderungen zu vergleichen — meteorologische Beobachtungen anzustellen.

254.

6. Der Flug der Vögel. Wir beobachten, daß Vögel, die wohl taußendmal specifisch gewichtiger als die Luft sind, sich nicht nur in derselben halten, sondern noch in dieselbe hoch empor schwingen. Nemlich durch den Flügelschlag wird die Luft unter dem Leibe des Vogels zusammengedrückt, und eben dadurch über demselben verdünnt: der Vogel wird daher gehoben, theils durch den Druck der umherstehenden Luft (248.), theils durch die Wiederausspannung der Luft, die unter dem Vogel zusammengedrückt worden ist.

* Setzen wir den Druck, womit die Luft den Vogel gegen den luftverdünnten Raum in die Höhe treibt, nur als den taußendsten Theil des ganzen Luftdruckes, so wird der Luftdruck nahe an der Erde, wo jede Oberfläche eines Quadratschuhs einen Druck von mehr als 2000 Pfund erleidet (250.), auf jeden Quadratfuß zum wenigsten 2 Pfund betra-

tragen. Breitet z. B. ein Adler von mittler Grösse seine Flügel zum Fluge aus, so bietet er der Luft eine Fläche von mehr als 7 Quadratschuh dar: muß also von einem Drucke = 14 Pfund in die Höhe getrieben werden. Da ein Adler etwa 8 Pfund wiegt, so ist die Kraft, welche ihn hebt, = 6 Pfund. — Freilich geschieht die Herstellung des Gleichgewichtes in der Luft, welches der Flügelschlag gestört hat, schnell wieder; aber die Bewegung des Vogels durch den Druck der Luft, hört nicht sogleich auf; wird durch die folgenden Flügelbewegungen leicht erhalten oder vermehrt . . . In den grossen Höhen wird die Luft immer dünner: die Wirkung der Flügelschläge also geringer, und der Flug der Vögel läßt schwerer.

255.

Eine Maschine, welche von der Luft, wie ein Schiff vom Wasser, getragen, zu verschiedenen Höhen in der Atmosphäre gehoben, und darinn sonst noch bewegt wird, nenne ich Aerostat — eine aerostatische Maschine (machina aerostatica).

Schon in den ältesten Zeiten hat man Entwürfe zu Aerostaten gemacht: die Fabel von Dädalus und Icarus dürfte sich wohl darauf beziehen. Jene des Fr. de Lanis und

des P. Galen aus dem 17. und 18. Jahrhunderte, waren zwar unausführbar, aber dennoch Grundsätzen gemäß. Nemlich nach de Lanis sollte ein Luftschiff mit luftleeren Kugeln aus Kupfer; nach Galen eine aus Leinwand gemachte, mit Wachs bestrichene, und mit Luft aus den Wolkengegenden gefüllte Maschine, die an Grösse der Grösse von der Stadt Avignon gleichkäme, in die Atmosphäre empor gehoben werden.

Beiläufig 100 Jahre später wurde der Vorschlag, die Luft zur Schiffahrt zu benutzen, wirklich ausgeführt von **Stephan** und **Joseph Mongolfier**, Papierfabricanten in Vivarais. Diese zwei Brüder füllten anfangs Säcke aus Papier mit **Hydrogenluft**, und erwarteten, daß sie sich in die Luft heben würden, aber ohne Erfolg. Nachher erhitzten sie die Luft in einer Taffethülle mit **brennendem Papier.** 1782 im November, sah der ältere **Mongolfier** ein hohles Parallellopipedum aus Taffet, von 40 Cubicfuß Inhalt, durch Papierfeuer, bis an die Zimmerdecke gehoben.

Der Versuch wurde den 5. Juni 1783 schon im **Grossen**, und für das **Publicum** gemacht. Eine Maschine aus Leinwand, welche 35 Schuh

im Durchmesser hielt, 450 Pfund wog, und noch über 400 Pfund Last bei sich führte, stieg vor einer Menge Zuschauer und den Ständen von Vivarais zu einer Höhe von 1000 Toisen.

Der Ruf dieses Versuchs, der eine für unmöglich gehaltene Erscheinung in der Wirklichkeit darstellte, lief schnell durch alle Welt, und frappirte selbst die Physiker. Besonders wandte **Charles**, Professor der Physik zu Paris, seine Aufmerksamkeit auf das neue Phänomen; verfertigte durch Hilfe des Mechanikers **Robert** eine Kugel von überfirnißtem Taffet, von 12 Schuh 2 Zoll Durchmesser, und 27 Pfund Gewicht, und füllte sie mit **Hydrogen-Luft**: dieselbe stieg als **Aerostat**, den 27. Aug. 1783 in zwei Minuten auf 480 Toisen in die Luft empor.

Am 15. Oct. 1783 wagte es zum erstenmal ein **Mensch**, **Pilatre de Rozier**, Vorsteher des Musäums zu Paris, in die Luft aufzufliegen, und mit einem Aerostat an Stricken gehalten, in einer Höhe von 84 Schuh, $4\frac{1}{2}$ Minuten zu verweilen: die Maschine hiezu ward von den **Mongolfier** gebaut, und nach ihrer Art behandelt.

Den 21. Nov. 1783 machte der nemliche de **Rozier**, in Gesellschaft des Marquis de Ar-

Landes mit demselben Aerostate die erste Luftreise: der Flug der Maschine gieng über einen Theil der Stadt Paris und über die Seine hin.

Bald nachher verlängerten und erweiterten die Luftreise Charles und der eine Robert; sie fuhren mit der nach ihrer Art verfertigten und behandelten Maschine den 1. Dec. 1783, in einer Höhe von 250 — 300 Toisen, zwei Stunden lang durch die Luft, und ließen sich in einer 9 Stunden weiten Entfernung von Paris nieder.

Von itzt an vervielfachten sich die Luftreisen schnell: ich führe die instructivsten derselben an:

1. Die unglückliche des Pilatre de Rozier in Gesellschaft des Romain, da er am 23. Juni 1784 bei ungünstiger Witterung aufflog, und über den Canal der französischen Küste zu segeln versuchte, aber mit seinem Gefährten herabstürzte, und zerschmettert wurde.

2. Jene glückliche des Blanchard, am 7. Jan. 1785 mit dem Dr. Jefferies, in der er, das Unglück seiner Vorgänger nicht achtend, wirklich über den Canal von Dover nach Calais fuhr, und diese Fahrt innerhalb 2 Stunden 32 Minuten vollendete.

3. Die vom 19. Sept. 1784, welche die Brüder Robert angestellt hatten, 6 Stunden 42 Minuten

nuten dauerte, und von Paris bis Bruvi 150 Stunden weit reichte.

4. Jene des Vallet und Alban, Directoren der chemischen Officin zu Javelle, die den 25. August 1785 bei ihrer Luftreise

das Ziel derselben,
und die Richtung darnach
voraus bestimmten,

und dieser Vorausbestimmung gemäß, Morgens von Javelle nach St. Cloud, und Abends von da nach Javelle fuhren.

5. Die von 1804, welche die höchste gewesen. Gay-Lussac erschwang sich zu Paris 3600 Toisen hoch in die Luft. Da der höchste Berg, den man kennt und gemessen hat, der Chimboraco in Amerika, 3220 Toisen Höhe hat (nach Condamine), so schwebte er 380 Toisen über dem Gipfel des höchsten Berges. — —

* Bei Aerostaten, in denen die Luft durch Feuer verdünnt wird, bewirkt man das Aufsteigen durch Verstärkung der Flamme, das Herabsteigen durch Schwächung derselben. Wird ein Aerostat mit Hydrogen-Luft gefüllt, so steigt er für sich selbst zu der Höhe, wo sein Gewicht der drückenden Gewalt der äussern Luft gleich kommt. Da würde er sich stets halten, wenn man nicht eine Verände-

rung,

rung im Gewichte des Aerostaten hervorbrächte; diese geschieht dadurch, daß man durch eine Klappe atmosphärische Luft in den Ballon läßt. Itzt sinkt der Aerostat: in beliebiger Tiefe wirft man Pallast aus, dann steigt er wieder, u. s. w.

** Die übrigen vielen Luftreisen wurden meistens aus Gewinnsucht der Luftfahrer angestellt, oder doch so, daß sich daraus keine wichtigern Resultate ergaben, als die der eben erzählten sind. Indeß mag dieses zureichen, die Hoffnung zu erhalten, daß unsere Nachkommen die Aerostaten zu ihrer Vollendung führen, und in vielumfassenden Gebrauch wenden dürften; (Meine akademische Rede von dem Werthe der Luftmaschinen. Dilingen 1784.).

256.

Die weitere Erklärung, wie fern eine Maschine von sehr grossem Gewichte, die noch mit Menschen und andern Lasten beladen ist, in der Luft aufsteigen, darinn schwimmen, und sich halten könne, geht aus den oben aufgestellten Grundsätzen (242.) hervor. Nemlich, jeder Körper verliert in der Luft so viel von seinem Gewichte, als die von der Stelle getriebene Luft; wird nun eine Vorrichtung gemacht, daß die

Luft,

Luft, welche ein Körper von seinem Raume ausschließt, mehr wiegt, als der Körper selbst, so prävalirt der Druck der Luft; treibt den Körper mit der Differenz ihrer Kräfte empor, und hält ihn in jenen Höhen, wo das Gewicht der verdrängten Luft dem Gewichte des Körpers gleich kommt.

* Nennen wir den **Raum**, den ein Aerostat einnimmt, in Cubicschuhen ausgedrückt *a*; das **Gewicht** eines Cubicfusses Luft *b*: so ist sein Verlust $= ab$. Die **Masse** des Aerostats sei *c*; das Gewicht, das daran hängt *p*: so ist die Summe der Gewichte, welche die Luft zu heben hat $= c + p$. Ist nun *ab* grösser, als $c + p$, so wird nicht nur die aerostatische Maschine von der Luft getragen, sondern mit dem Ueberschusse von *ab* über $c + p$, in die Höhe getrieben.

257.

Die **Construction** eines Aerostats hängt demnach davon ab,

daß eine möglichst leichte und doch stark zusammenhängende, der Luft undurchdringliche Fläche in eine geschlossene Form zusammengefügt,

diese verhältnißmässig groß gemacht,

und

und dann die Höhlung entweder durch Feuer mit verdünnter atmosphärischen, oder mit der sehr leichten Hydrogen-Luft gefüllt werde.

* Man kann Aerostaten, die ein blosses Experiment zum Zwecke haben, von denen unterscheiden, die zu einer Luftschiffahrt angewandt werden. Zu letztern können nur Leinwand (wenn Feuer gebraucht wird), oder Seiden (wenn die Füllung mit Hydrogenluft geschieht), gebraucht werden. Zu Versuchen, die wir im Experimental-Collegium anstellen, dienen für die Hydrogenluft Ballönchen aus Goldschlaghäutchen (Membranen aus den Ochsen-Därmen), für das Feuer Kugeln, Sphäroiden ꝛc. aus Papier.

** Das Minimum, das sich bei den Aerostaten aus Papier erreichen läßt, ist ein Durchmesser von 5 — 7 Schuh. Legt man eine Handvoll mit Oel getränkte Papier-Blättchen in eine Kohlpfanne, und stellt diese angezündet, unter die Oeffnung des, wie ein Sack herabhängenden, papiernen Ballons, so wird die Luft über der Glutpfanne ausgedehnt: sogleich drückt die äussere Luft gegen die verdünnte, und treibt sie in die Falten des Papiers: wodurch dieselben entfaltet, und der ganze Papiersack sehr schnell in die volle Kugelge-

stalt ausgespannt wird. Das Fortbrennen des Papiers in heller Flamme bringt auch nach Kurzem innerhalb des Ballons jene Verdünnung hervor, die dem Ganzen ein kleineres Gewicht gibt, als das der äussern Luft ist, die von der Stelle getrieben wird. —

VI.

Von der Bewegung der Nichttropfbarflüssigen.

258.

Die Lehre von der Bewegung der Nichttropfbarflüssigen nennen wir **Pnevmatik.**

259.

Bewegung erfolgt überhaupt aus Störung des Gleichgewichtes der ineinander und entgegengesetzt wirkenden Kräfte (Allg. Bewegungsl.). Das Gleichgewicht kann in den Nichttropfbarflüssigen gestört, mithin eine Bewegung hervorgebracht werden

I. durch ungleichen Druck;

II. durch Ausdehnung und Zusammenziehung, mittelst Wärme und Kälte;

III. durch Verdünnung und Verdichtung mittelst der Maschinen.

260.

I. Bewegung der Nichttropfbarflüssigen durch ungleichen Druck.

Der Druck kann z. B. in der Luft ungleich werden

entweder in kleinen,

oder in grossen Luftmengen;

somit können kleine oder grosse Luftmengen bewegt werden: die Bewegung der kleinen Luftmengen kündigt sich durch den Schall, und die Bewegung der grossen Luftmengen durch den Wind an.

261.

Schall. Bläst man in eine Pfeife, so wird die Luft bei der Oeffnung, wo der Schall herausgeht, ein Mittelpunct, von welchem aus der Schall sich in geradlinigten Stralen (Schallstralen) in einer Sphäre, gleich den Halbmessern einer Kugel aus ihrem Mittelpuncte, ausbreitet.

Nemlich die Luft leidet bei einer solchen Oeffnung einen Druck — einen Stoß. Da die gedrückte, gestossene Luft, wegen der ihr angränzenden nicht entweichen kann, so erleidet sie eine Zusammenpressung: die Luft durch Zusammenpres-

pressung elastischer geworden (236.), spannt sich wieder nach allen Richtungen aus, und drückt die ihr anliegende Luft zusammen, die, sich wieder ausspannend, eine weitere, ähnliche Zusammendrückung in der ihr angränzenden bewirkt — und so fort.

I. Es entstehen also in der **Luft**, der sich der Schall mittheilt,

Schwingungen, **Schläge** (pulsus),

und zwar sphärisch (man hört das Pfeifen u. d. gl. oben und unten, und seitwärts — überall im Kreise),

und **geradlinigt** (denn man hört klarer in der Richtung des Ohrs auf den Schallpunct).

II. Die **Luft** ist eigentlich **Schallträgerin**, **Fortpflanzerin des Schalls.**

* Ohne Luft wäre wirklich nirgends ein Schall. Ein Schlagwerk, das auf Baumwolle unter einem Recipienten steht, wird nicht gehört, wenn man aus dem Recipienten die **Luft auspumpt.** Deßgleichen wird kein Schall vernommen, wenn das Schlagwerk zwar in einem Gefässe mit Luft schlägt, aber in dem Recipienten, der darauf gedeckt ist, die Luft verdünnt wird.

262.

Die Fortpflanzung des Schalls durch die Luft geschieht, wie gesagt (vorherg.), durch wechselweises Zusammendrücken und Ausdehnen der Luft — durch successives Entstehen der Pulse: also in der Zeit.

* Eine bekannte Erfahrung bestätigt dieses. Wird ein Schießgewehr abgeschossen, so entsteht die Pulverentzündung und der Knall gleichzeitig; aber steht man von dem Schusse nur einigermassen ferne, so vernimmt man den Knall später, als das Aufblitzen des Pulverfeuers gesehen wird.

263.

Aus der Zeit, in welcher bei bekannter Entfernung, die Flamme des Pulvers gesehen, und sein Knall gehört wird, bestimmt man die Geschwindigkeit, mit welcher sich der Schall fortpflanzt. Man hat hierüber vielfältig Versuche angestellt, deren Resultate sehr ungleich sind. Diejenigen, die 1738 und 1739 in Frankreich gemacht worden, gehören unter die zuverlässigsten. Man wählte hiezu sehr grosse Entfernungen, und verband mit den Versuchen die nöthige Vorsicht.

Die Entfernungen betrugen anfangs 14636.

und hernach 22572 Toisen; an ihren Endpuncten, und in einigen Zwischenorten, waren Kanonen aufgestellt, bei deren Abfeuerung man des Nachts ihr Aufblitzen überall sehen konnte:

Allenthalben waren Beobachter, mit der Beobachtungskunst ausgerüstet,
und mit richtigen und übereinstimmenden Pendeluhren versehen:
es wurden genau die Zeitmomente des Losfeuerns, und des angekommenen Knalls bemerkt:
jeder Versuch wurde einigemale wiederholt, und aus allen zusammen das Mittel ausgehoben.

Man fand, daß das Licht gar keine merkliche Zeit brauche, um Meilen weit fortzugehen, daß aber der Schall bei ruhiger Luft den Weg von 14636 Toisen, in $84\frac{1}{2}$ Secunde, und die Weite von 22572 Toisen, in 130 Secunden durchlaufe.

264.

Die Beobachtung lehrte, daß der Schall in gleichen Zeiten gleiche Entfernungen — gleiche Räume durchlaufe, mithin sich gleichförmig bewege, und man somit den Raum für 1 Secunde erhalten müsse, wenn man die Zahl der

Toisen durch die Zahl der Secunden, in denen sie durchlaufen worden sind, dividirt. Diesemnach ergibt sich aus der Reihe der ersten Versuche, daß der Schall in jeder Secunde 1093 Pariser Fuß und etwas darüber, aus der Reihe aber der zweiten Versuche, den Raum von $1041\frac{4}{5}$ Fuß zurücklege.

* Die Versuche, die man mit grossem und kleinem Gewehr angestellt hat, lehren, daß weder Stärke noch Schwäche, weder Höhe noch Tiefe des Schalls in der Geschwindigkeit der Schallbewegung eine Aenderung mache.

** Nebel und Regen ändern die Geschwindigkeit des Schalles nicht merklich. Der Wind aber beschleunigt den Schall, wenn er mit diesem in Einer Richtung weht; hemmt ihn aber, wenn er ihm entgegen geht (68.**). In einem solchen Falle muß man die Geschwindigkeit des Windes besonders suchen, und dann die Grösse desselben zu der Geschwindigkeit des Windes hinzusetzen, oder davon abziehen. — Auch die Stärke des Schalls wird durch den Wind unter den eben angeführten Bedingungen entweder erhöht oder geschwächt. —

265.

Aus dem Vorhergehenden geht die Kenntniß hervor, zu bestimmen die Entfernung eines schal-

schallenden Körpers. Z. B. verläuft zwischen dem Pulverfeuer einer Kanone, oder dem Blitzen einer Gewitterwolke bei stiller Luft eine Zeit von 2 Secunden, bis der Knall der Kanone, oder der Donner einer Wetterwolke gehört wird: so ist der Ort der Kanone, der Sitz der Gewitterwolke, über 2000 Fuß ferne.

* Diese Kenntniß ist für den Seefahrer wichtig u. s. w.

266.

In dem Vorhergehenden ist die Luft als gleichartig gesetzt. Wenn die Luft z. B. in verschiedenen Weltgegenden, an Federkraft oder Dichtigkeit sehr verschieden ist, so hat nach Newton das Gesetz statt: „daß sich die Geschwindigkeit, des in einem elastischen Medium fortgepflanzten Schalls direct wie die Quadratwurzel der Elasticität, und umgekehrt, wie die Quadratwnrzel der Dichtigkeit verhalte, wenn die Elasticität in dem Mittel der Dichtigkeit proportional bleibt."

* Diesemnach, wenn die Geschwindigkeit C, die Elasticität des Mitteldings E, die Dichtigkeit desselben D heißt, so ist

$$C = \frac{\sqrt{E}}{\sqrt{D}}.$$

267.

Die Fortpflanzung des Schalls durch die Luft geschieht, wie wir zeigten (261.), durch Schwingungen, Schläge. Wenn nemlich die erste sphärische Luftfläche, die von einem Pfeifenstoß zusammengedrückt wird, sich wieder ausdehnt, so drückt diese schon eine grössere sphärische Fläche, die dann, sich wieder ausspannend, abermal eine grössere schlägt u. s. f., woraus folgt,

daß die Zusammenpressung desto schwächer werde, je grösser die Entfernung vom schallenden Puncte ist, weil die Kraft um so mehr abnimmt, je grösser die Masse ist, welche sie zu bewegen hat.

I. Der Schall muß daher abnehmen, wie die Räume, in welche er sich fortpflanzt, wachsen: also im Quadratverhältnisse mit den Abständen von dem Puncte, wovon der Schall ausgeht.

268.

Trifft der Schall in seinem Fortgange auf Körper,

so geht er theils durch, wie das Licht durch Glas, und leidet dann, wie dieses, blos Schwächung; theils

theils prallt er von den Körpern ab,
vertical, wenn er vertical anstößt;
schief, und unter dem nemlichen Winkel,
wenn er schief, unter einem Winkel anschlägt.

* Dieses wird in der empirischen Physik bestätigt durch Versuche mit den Hohlspiegeln; auch haben daraus ihre Ableitung die Wirkungen der Sprach- und Höhrröhren, die Erscheinungen des Echo u. d. gl.

** Durch den Schall — durch Klang und Ton, erweiset sich die Materie-Welt in einem herrlichen Leben, und die dynamische Bedeutung der Luft und des Schalls in ihr, springt hier grell in die Augen. — —

269.

Von dem Schießen aus Kanonen, oder anderem grossen Geschütze, erwartete man ehedem bedeutende, mechanische Wirkungen auf die Luft, und durch diese auf die Wolken. Es entstand daher das ehemalige Schießen gegen die Gewitter. Allein,

auch Rücksicht genommen auf die Erzeugung einer grossen Menge Luft, die sich aus dem entzündeten Pulver entwickelt:

so ist ein Schuß aus einer Kanone, oder sonst aus einem grossen Geschütze, doch nichts anderes,

als

als ein Pfeifenstoß auf die Luft (261.), nur von grösserer Intension: es wird daher durch einen Kanonenschuß, wie sonst durch einen Schall, die Luft (blos in einer etwas grössern Menge) zusammengedrückt, die sich wieder ausspannend Schwingungen, Schläge in der umgebenden Luft macht, und so keine andere, als oscillirende, reciprocirende Bewegung erzeugt,

die dann im Quadratverhältnisse der Abstände abnehmend (267.), und durch die Wolken, wie durch einen Nebel, oder durch andere Körper durchgehend (268.), in diesen gar keinen Anstoß, der die Wolken von der Stelle triebe, oder eine Zertheilung u. d. gl. bewirkte, hervorzubringen vermag. —

Man hat sich zwar von jeher auf Beobachtungen vom Gegentheile berufen; allein es ist noch keine Beobachtung hierüber unter solchen Vorsichten angestellt worden, daß sich dagegen keine Exception machen ließe, oder daß sie denen, die wir oben (263.) anführten, gleich käme: dieselben sind daher nicht als bewährte Erfahrung anzusehen.

* Meine Abhandlung: Ueber die Unwirksamkeit des Schießens auf die Gewitter. Dilingen. 1791.

270.

Wind. Erleidet eine grosse Luftmenge einen ungleichen Druck, so strebt die gedrückte Luftmasse der drückenden Gewalt zu entfliehen: sie fängt an zu fließen, zu strömen. Der Fluß oder Strom einer grossen Luftmasse wird **Wind** (ventus) genennt. — So entstand im Jahre 1769 durch den Druck einer Schneelavine ein Wind; dieselbe fiel von einem Berge, an welchem das Dorf St. Sixt liegt, und wirkte mit ihrem Sturze auf die unter ihr liegenden Luft so gewaltig, daß sich diese einen Weg durch einen Buchwald bahnend, die Bäume niederrieß, (de Luc, Untersuchungen über die Atmosphäre).

* Der Druck und Fall der **Wolken** bringt oft ähnliche Wirkungen hervor. —

271.

Ueberhaupt ist jede beträchtliche Störung des Gleichgewichtes in grossen Luftmengen Grund der **Winde**: es wird aber hier von den weitern Ursachen solcher Gleichgewichtsstörungen, denen die empirische Physik mühesam, und doch ohne sonderlichen Erfolg nachforschet, abgesehen, und blos auf die Bewegungen der grössern Luftmengen Rücksicht genommen.

272.

272.

Die Luft nimmt in ihrem Fließen und Strömen verschiedene Richtungen: daher die Benennung der Winde nach den Weltgegenden: Nordwind, Ostwind, Südwind, Westwind u. s. w. (Windrose). — Die Winde in den hohen Luftgegenden bewegen sich oft denen entgegengesetzt, die bei uns wehen; auch sind jene und diese von ungleicher Stärke: der Gang der Wolken zeuget hievon. — Die Winde gehen selten horizontal, meistens ist ihre Richtung auf der Erde schief; — sie graben Gruben in stehendes Wasser. —

* Gleichförmige Winde; Windwellen; Windstösse; Wirbelwinde. — Regelmässige, unregelmässige Winde u. s. w. Davon die empirische Physik.

273.

Die Geschwindigkeit der Winde ist sehr verschieden. Die beständigen Winde, die in heißen Ländern zu Hause sind, wehen sehr gleichförmig und gelind: ihre Geschwindigkeit wird auf 10 — 15 Fuß in einer Secunde geschätzt. Die unbeständigen hingegen, zumal die an den Meeresküsten, wehen geschwinder und heftiger.

ger. Bei einer Geschwindigkeit von 40 — 60 Schuh in einer Secunde werden sie Stürme 2c. (procellae), und noch geschwindern = 100 - 130 Schuh in einer Secunde Orcane genennt.

274.

Da jede Bewegungsgrösse aus Masse in die Geschwindigkeit berechnet wird, so ist auch das Vermögen des Windes bei seinem Anstosse auf eine Fläche zu bestimmen aus der Masse der bewegten Luft in ihre Geschwindigkeit. — Muschenbröck (Introduct. Tom. II.) führt Rechnungen darüber, wobei er annimmt, das Moment des Windes verhalte sich, wie das Product der Luftmasse in das Quadrat der Geschwindigkeit. Diesem Satze zufolge, müssen sich die Geschwindigkeiten von Wasser und Luft, wenn beide gleiche Wirkung thun sollen, wie die Quadratwurzeln aus ihren specifischen Gewichten, beiläufig = 1 : 24 (174.) verhalten. Man weis auch aus Beobachtung, daß die Luft 24mal schneller, als das Wasser gehen müsse, um mit demselben gleiche Wirkung auf eine ebene Fläche zu thun. Nun ist die Kraft des Stosses eines fließenden Wassers gleich dem Gewichte einer Wassersäule, deren Basis

der

der Fläche, und deren Höhe jener gleich ist, von welcher das Wasser fallend seine Geschwindigkeit erhält (193.). Wenn daher das Wasser in einer Secunde 1 Pariser Fuß durchläuft, welcher Geschwindigkeit eine Höhe von $\frac{1}{60}$ Schuh correspondirt, so wird die Kraft des Stosses auf 1 Quadratfuß Fläche dem Gewichte von $\frac{1}{60}$ Cubicschuh Wasser gleichen, oder, wenn man den Cubicschuh Wasser 70 Pfund schwer annimmt, $= 1\frac{1}{6}$ Pfund sein. Eben so groß ist nun die Kraft eines Windstosses, der in einer Secunde 24 Fuß durchläuft. —

* Man rechnet, daß ein Sturm von der Geschwindigkeit = 123 Fuß in einer Secunde, auf einen Thurm, z. B. von 150 Fuß Höhe, und 30 Fuß ins Gevierte, mit einer Kraft von 9 Millionen Pfund wirkt. Daraus sind erklärbar die gewaltsamen Zerstörungen der Sturmwinde, von denen manchmal Häuser, Schlösser, Thürme eingerissen und fortgeschleudert werden. Der Novembersturm 1799 riß am Harze ganze Wälder nieder. —

275.

Man bedient sich gewisser Anrichtungen, um dadurch

die Richtung der Winde zu bestimmen,

oder

oder die Geschwindigkeit und Stärke derselben zu messen;

solche Anrichtungen heißen **Windzeiger** und **Windmesser.**

Die **Windzeiger** (Anemoskope, Plagoskope) sind Windfahnen, die auf der Höhe des Hauses, wo die Luft freien Zutritt hat, an einer beweglichen Stange fest sind, die bis in ein Zimmer reicht, und dort einen mit der Fahne gleichlaufenden Zeiger bewegt, unter dem man, nach bestimmter Mittagslinie, eine Windrose anbringt.

Ein **Windmesser** (Anemometer) ist eine Welle mit Flügel und Rad. Werden die Flügel vom Winde bewegt, so macht das Rad seine Umläufe, welche an einem Zeiger, der über einer runden Scheibe herumgeht, angedeutet — oder unmittelbar gezählt werden.

* Bei einer andern Vorrichtung wird durch die Höhe einer durch den Windstoß gehobenen Fläche, die Geschwindigkeit oder Stärke des Windes bestimmt. — Von den verschiedenen Versuchen, ein Anemometer zu verfertigen, als da sind, die von **Leupold, Schober, Oertel, Bouguer** u. a. von der Windpfeife Leupold's, Kircher's Saitenspiel (Aeols-Harfe) — mündlich, samt der

Be-

Bemerkung, daß alle bisherigen Versuche dieser Art noch fern sind vom Ziele, das sie erreichen sollen.

** Von einem **Anemobarometer** (Wilke).

276.

Man benutzt die Winde als **mechanische Kräfte** vornehmlich bei den **Windmühlen** und den Schiffen. Die Windflügel, welche zwei und zwei in entgegengesetzter Richtung schief in den Wellbaum gesetzt sind, sind Hebel, welche die Luft in Bewegung setzt, und dadurch den Wellbaum mit dem Kammrad, das in einen Trilling, der an der Welle des Läufers ist, eingreift, und so die Mühle in Gang bringt. — Das Segeltuch, welches der Wind ausspannt und drückt, ist an den Masten als **Hebelkraft** angelegt, und wirkt als solche — im Verhältnisse der Oberfläche des Segels und der Geschwindigkeit des Windes. —

277.

II. Bewegung der Nichttropfbarflüssigen durch Ausdehnung und Zusammenziehung mittelst Wärme und Kälte.

Die **Luft** erleidet durch die **Wärme** eine **Ausdehnung**, wird durch solche Ausdehnung dün-

dünner, und somit specifisch leichter. Hingegen wird die Luft durch die Kälte contrahirt, dadurch dichter und specifisch gewichtiger. Kommen nun zwei Luftmengen von ungleicher Dünne und Dichte — von ungleichem specifischen Gewichte in Verbindung, so ist Druck und Gegendruck ungleich: es erfolgt Bewegung der Luft (239.**).

278.

Die Bewegung der Luft durch Verdichtung und Verdünnung der Luft stellt sich dar, wenn eine Blase bei einer mitttlern Temperatur mit Luft gefüllt, und nach und nach

itzt in einen kalten,

hernach in einen warmen Ort

getragen wird: im ersten Falle zieht sich die Luft zusammen, verdichtet sich: die äussere Luft bewegt sich dann gegen den verminderten Luftraum, und drückt die Blase schlaff: — im zweiten Falle dehnt sich die Luft aus, wächst dadurch an dem Ausspannungsvermögen, drückt dann von Innen heraus stärker auf die Blase als die umgebende Luft, und spannt sie voll aus. —

Wird eine Röhre, an der ein Kügelchen luftdicht angemacht ist, über einem Kohlfeuer erhitzt,

hitzt, so entweicht aus ihr die Luft im Verhältnisse der Verdünnung, die durch die Hitze bewirkt wird. Bringt man itzt die Oeffnung der Röhre unter Queckſilber, oder unter ein anderes Flüſſige, und läßt die Röhre ſich abkühlen, ſo zieht ſich die wenige in der Röhre zurückgebliebene Luft zuſammen im Verhältniſſe der Abkühlung, der Druck der äuſſern Luft wird gegen den innern Raum der Röhre, der gleichſam luftleer iſt, prävalirend, bewegt ſich gegen denſelben, und treibt das vorliegende Flüſſige in denſelben hinein.

* Amantons, Lambert, de Luc, Roy, de Sauſſure, Mayer u. a. haben über die Gröſſe der Luftverdünnung durch die Wärme Verſuche angeſtellt; aber mit ungleichen Reſultaten. In den gewöhnlichen Fällen reicht dieſe Beſtimmung hin, daß ſich die Luft bei einer Temperatur von dem Eispuncte an bis zum Siedepunct um 2 Fünftheile ihres Volums ausdehne.

279.

Geſchieht, wie immer, im Freien eine Erwärmung einer Luftmenge, ſo verhält ſich dieſe

als ein Eingetauchtes von ſpecifiſch geringerem Gewichte

zu der umgebenden Luft:

wird alſo durch dieſe empor gehoben — bewegt, ſo lange, bis

bis die wärmere und kältere Luft in solchen Höhen stehen, daß sie sich zu einander verkehrt, wie ihre specifischen Gewichte verhalten (239.) oder:
bis das Gewicht (der Gegendruck) der empor gehobenen Luft, der bewegenden Ursache (dem Drucke) gleich ist.

* Wird ein geheiztes Zimmer gegen ein ungeheiztes geöffnet, so drückt die kalte Luft, die in das wärmere Zimmer dringt, mächtig nach oben. Dieses macht ein Kerzenlicht anschaulich, wenn es zwischen die Thüre gestellt wird. Die wärmere und leichtere Zimmerluft weicht der schwerern von unten drückenden Luft durch den obern Raum der Thüre, und beugt die Flamme auswärts, während daß die kältere unten an der Schwelle in das geheizte Zimmer fließt, und die Kerzenflamme einwärts neigt. Auf solche Weise zeigt sich hier ein doppelter **Luftstrom**, dessen einer durch den obern Raum der Thüre in das kältere Zimmer hinüber, und der andere durch den untern Raum der Thüre, jenem entgegengesetzt, in das wärmere herüber geht. In der Gränze beider Ströme befindet sich die Indifferenz dieser zwei Gegensätze, wie es auch die Kerzenflamme, die hier gerade auflodert, andeutet.

** Ge-

** Gehen ähnliche Verdichtungen und Verdünnungen in einer grossen Luftmenge, und in hohem Grade vor, so müssen die Luftbewegungen als **Winde** (290.) erscheinen. Solche Winde findet man wirklich an heißen Tagen in gebirgigen Gegenden, indem die Luft aus engen beschatteten Thälern, oder aus Berghöhlen gegen die wärmern Räume strömet. Ueberhaupt erhellet, daß die Luft (wenn keine Hindernisse eintreten) von den kältern Gegenden nach den wärmern sich bewegen müsse, und zwar um desto schneller, je grösser die Differenz in der Wärme beider Gegenden ist: es nimmt auch wirklich der Wind seine Richtung von der kältesten Gegend nach der wärmsten. Aber solche Winde haben auch **Gegenwinde** in der obern Luft zur Folge, weil die erhobene wärmere Luft an die Stelle der kältern tritt — nach dieser zurückfließt.

280.

Heizt man einen sogenannten **Windofen** in einem Zimmer, verschließt dann das Ofenthürchen, und macht die in dieser angebrachte kleine Oeffnung auf, so fährt die Zimmerluft so strömend durch diese Oeffnung gegen den durch das Feuer verdünnten Luftraum, daß ein trommelndes Getöse entsteht.

* Nem=

* Nemlich, wo immer durch Feuer oder sonst durch Wärme ein Theil der Luft eine Verdünnung erleidet, so erfolgt eine Bewegung: die verdünnte und leichtere Luft wird in die Höhe gehoben, und an die Stelle der erhobenen dringt unterhalb die kältere ein; diese wird ebenfalls erwärmt, ausgedehnt und empor gehoben u. s. w. So wird durch ein Kaminfeuer in einem Zimmer ein beständiger Fluß der Luft unterhalten: die Luft stürzt aus dem Zimmer gegen das Feuer, verdrängt dort die verdünnte Luft, und treibt sie durch den Rauchfang während daß durch alle Oeffnungen und Ritzen in das Zimmer wieder frische Luft nachkommt u. s. f.

** Darauf stützen sich die Vorrichtungen, die den Zweck haben, die in Zimmern, Sälen u. d. gl. eingeschlossene, zum Athmen untaugliche Luft fortzuschaffen, und sie mit reiner, athmenbarer zu verwechseln — die Ventilatoren mit Windflügeln, mit Röhren, mit Blasbälgen u. d. gl. Eine wirksame und einfache Vorrichtung zu diesem Ende ist die: Man führt z. B. aus einem Krankenzimmer eine Röhre bis zu dem Herde der Küche, worauf Feuer brennt: während nun die Luft an dem einen Ende der Röhre erhitzt wird, und sich hebt, fließt die kältere von dem andern Ende aus dem Kran-

kenzimmer nach; worauf dieses einen Zufluß reiner Luft durch die kleinsten Zimmeröffnungen erhält. —

*** Die Wirkungen der Glutpfannen, der chemischen Oefen u. d. gl. haben eben daher ihre Abkunft, daß die durch Feuer erwärmte und von ihrem Oxygen beraubte Luft, von der dichtern verdrängt; dann eine stets erneuerte, mit Oxygen bereicherte Luft herbeigeführt, und mit dem brennenden Körper in Berührung gebracht wird. —

281.

III. Bewegung der Nichttropfbarflüssigen durch Verdünnung und Verdichtung mittelst der Maschinen.

Eine Maschine, eigentlich zur Luftverdünnung bestimmt, ist die Luftpumpe. Wird unter einem Recipienten die Luft verdünnt, so ist das Gleichgewicht zwischen ihr und der äussern Luft gestört. Oeffnet man nun den Hahn, der der äussern Luft den Zugang zu dem Recipienten aufschließt, so bewegt sich die äussere Luft mit grosser Schnelligkeit gegen den verdünnten Luftraum.

* Nach Papins Rechnung ist die Geschwindigkeit, womit sich die atmosphärische Luft

gegen

gegen den leeren Raum bewegt, gleich 1300 Fuß auf eine Secunde.

** Wird der Kolben aus dem Pumpenstiefel herausgezogen, und der Hahn so gestellt, daß er den Recipienten schließt, der äussern Luft aber den Zutritt zu dem Stiefel öffnet, so vernimmt man ein Zischen, welches nichts anderes als Wirkung der Luft ist, die sich durch die enge Oeffnung in den luftleeren Stiefel durchdrängt.

*** Das Oeffnen eines Blasebalgs ist eine Anstalt zur Hervorbringung eines luftleeren Raums, gegen welchen sich die äussere Luft bewegt, die Seitenklappe des Blasebalges aufdrückt, und denselben ausfüllt. —

282.

Die Phänomene der **Heber** und der **Wasserpumpen** (Hydraulik) sind **mittelbar** durch die **Luft bewirkt**, die sich gegen den **leeren Raum**, den

das Saugen

und die **Bewegung der Kolben** in den

Pumpen

hervorbringt, **bewegt**, und das im Wege liegende Wasser in dieselben hineintreibt. Die **Heber** und die **Wasserpumpen** sind **hydropneumatische Maschinen.**

283.

So wie sich die Mechanik der Luft als eines statischen Moments bedient bei den hydraulischen Vorrichtungen, so wendet sie dieselbe als Kraft an bei den Dampfmaschinen, in denen

die Abkühlung der Dämpfe einen luftleeren Raum erzeugt,

und dadurch die äussere Luft in Bewegung und Wirksamkeit setzt.

284.

Wird Wasser erwärmt, so nimmt sein Umfang zu: diese Zunahme beträgt bei dem Puncte des Siedens etwa seinen 20sten Theil. Aber im Momente des Siedens (bei 80 Graden Reaum.) tritt die Expansivkraft plötzlich ausser Schranken, und treibt den Dampf in einen Raum, welcher, den neuesten Versuchen zufolge, 1728mal grösser als derjenige ist, den das Wasser im flüssigen Zustande einnimmt, und so jeder Cubiczoll dieses Wassers 1 Cubicfuß Dämpfe erzeugt.

285.

Die Wirkungen der Expansion des siedenden Wassers in Dämpfe zeigten sich seit Langem spielend in der Aeolipile (Windkugel — 226.);

aber

aber ernst erschienen sie in der Explosion, welche Vauban beobachtet, und in den Mémoires de l'Acad. des Sciences pour l'année 1707 mitgetheilt hat. 140 Pfund Wasser, in Dämpfe verwandelt, verursachten eine Explosion, womit man eine Masse von 77000 Pfund sprengen konnte. Schießpulver von gleichem Gewichte, = 140 Pfund, bringt dieselbe Wirkung nur auf eine Masse von 30000 Pfund hervor. Die Kraft der Wasserdämpfe übertrift daher die Kraft des Pulvers um mehr als die Hälfte.

286.

Thomas Savery, ein Engländer, war der erste, der durch Beihilfe Newcomen, und John Cawley, eine Dampfmaschine baute (1694). In dieser Maschine, die aus Stiefel und Kolben besteht, ist das Kolbenspiel die Hauptsache: dasselbe wird durch Dampf bewirkt, und die Maschine, wie folgt, in Gang gebracht:

1. Der Kolben ist bis zu unterst in den Stiefel niedergezogen: im Augenblicke öffnet sich die Verbindung (ein Schieber) zwischen dem Kolben, und einem Kessel, worinn Wasser kocht. Der Dampf geht unter den Kolben hinein, und treibt ihn durch sein Ausspannungsvermögen hinauf.

2. Itzt schließt sich wieder die Verbindung zwischen Kolben und Kessel durch einen Schieber (Regulator), und ein Hahn öffnet sich, durch den sich aus einer andern Röhre in den Stiefel kaltes Wasser ergießt: der Dampf verdichtet sich dadurch, und es entsteht ein leerer Raum, gegen diesen drückt die äussere Luft auf die obere Fläche des Kolbens, und treibt ihn wieder bis auf den Boden.

3. Da an der Kolbenstange ein zweckmässiger Hebel angemacht ist, der mit seinem andern Ende zu einer Saugpumpe geht, und mit ihrer Kolbenstange in Verbindung steht, so hebt das Sinken des Kolbens der Dampfröhre den Stempel der Saugpumpe, und dadurch Wasser.

4. Indeß drückt der Dampf den gesunkenen Kolben wieder empor; es geschieht abermal eine Ergießung des kalten Wassers in den Stiefel: der Kolben wird von Neuem niedergedrückt, und so währen die Bewegungen des Kolbens, und die Wasserhebungen in der Saugpumpe fort.

* Potter hatte eine solche Maschine mit manchen Verbesserungen 1723 zu Königsberg in Ungarn angelegt, in der Absicht, das Wasser aus den Gruben zu schöpfen: sie hob in 25 Saugröhren von 6 Zoll Durchmesser, und 4 Klaf-

Klafter Höhe, in 1 Minute das Wasser 14mal 6 Schuh hoch. Der Druck der Luft auf den Kolben der Dampfröhre, war auf 111 Centner berechnet. Dabei wurden täglich 3 Klafter Holz verbraucht. (Leupold Th. mach. hydraul.)

287.

Eine solche Maschine fordert indeß viel Dampf, und deßwegen auch eine grosse Menge Brennmaterials: es blieb daher die Aufgabe, die Verdampfung möglichst zu benutzen, und Brennmaterial möglichst zu ersparen. James Watt, ein Schottländer, löste (1764) diese Aufgabe durch eine höchst sinnreiche mechanische Einrichtung, wobei nicht mehr die Luft, sondern die Expansivkraft der Dämpfe auf den obern, so wie auf den untern Theil des Kolbens wirksam war. Mit einem Centner guter Steinkohlen bewirkte er, daß seine Maschine 20—24000 Cubicschuh Wasser 24 Schuh hoch empor hob.

* Betancourt sah 1788 in London eine Dampfmaschine, die durch Watt und Bolton ausgeführt worden, deren Einrichtung aber maskirt, und von ihren Erfindern geheim gehalten ward. Betancourt errieth dennoch das Princip, und verfertigte in Paris ein Modell

dell von einer Dampfmaschine, die alle Vortheile vereinen soll.

** Ausser dem, daß bei solchen Maschinen die Condensation der Dämpfe gehörig zu bewirken, die Bewegung des Kolbenspiels gleichförmig zu erhalten, der Zufall einer zu starken Condensation zu verhüten ist u. d. gl., so sind Hähne zu öffnen und zu schließen auf einen Moment. Alles dieses leistet der Dampf — der Dampf vollstreckt blindlings und nothwendig den Willen des Menschen, und stellt frappant seine, nach ewigen Gesetzen gefaßten Anschauungen, in der Erscheinung dar! —

288.

Eine sehr einfache, aber freilich nur schwach wirkende Dampfmaschine ist die, welche Herrn v. Rempelen zugeschrieben wird. Die Triebfeder dieser Maschine ist ein Rohr, in Form eines T (Fig. 69. Taf. II.). Die Enden dieses Rohrs sind nach entgegengesetzten Seiten eingebogen, und laufen conisch aus. Der Dampf, der in dieses Rohr steigt, strömt durch die Oeffnungen; stößt da an die Luft, und treibt das Rohr im Kreise, u. s. w.

* Diese Maschine stützt sich auf Grundsätze, die wir schon früher gegeben haben (225. 226.).

289.

Die Verdichtung der Luft wird bewirkt, entweder durch eine gewöhnliche Luftpumpe, welche Hahnen hat, oder durch eine eigene Maschine, die man Compressionsmaschine heißt. Eine solche Maschine sieht einer Spritze (213. **) ähnlich. Dieselbe hat oben an der Seite ein Loch, über welches sich der Kolben, im Herausgehen aus seinem Stiefel, erhebt. Unten ist ihr Boden mit einem, sich nach Aussen öffnenden Ventil versehen. Dieses Rohr wird auf ein luftdicht verschlossenes metallenes Gefäß geschraubt, und dann der Kolben in Bewegung gesetzt. Drückt man den über die Oeffnung des Stiefels gehobenen Kolben nieder bis an den Boden, so wird die Luft, die sich in demselben befindet, durch das Ventil in das Gefäß getrieben. Zieht man den Kolben wieder heraus, so schließt sich das Ventil am Boden; die äussere Luft bewegt sich durch die Oeffnung in den Stiefel, und, bei dem abermaligen Niederdruck des Kolbens, erfolgt alles wie vorher. Ein Gefäß, in welches auf solche Weise Luft hineingetrieben, und darinn verdichtet wird, heißt unter andern

Hierons-Ball,
oder Windbüchse.

290.

290.

Ein Gefäß AB (Fig. 59. Taf. II.), welches über die Hälfte mit Wasser gefüllt, und mit einer Röhre, die beinahe bis auf den Boden geht, und oben einen Hahn hat, versehen ist, wird an einer Luftpumpe in Mitte des Tellers, oder an den Boden einer Compressionsmaschine angeschraubt: man drückt mehrmalen die Luft, die den Stiefel füllt, hinein, und verdichtet dadurch die Luft sehr. Man nimmt das Gefäß, nachdem die Röhre *ab* durch den Hahn geschlossen worden, von der Luftpumpe, oder von der Compressionsmaschine ab, setzt auf den Theil, der über dem Hahn hervorragt, eine Spitzröhre, und öffnet den Hahn: die verdichtete Luft bewegt sich gegen die äussere von geringerem Gegendrucke, und stößt das Wasser mit Gewalt hinaus auf eine Höhe von 20 — 30, und noch mehrer Schuhe.

* Diese Anrichtung heißt **Hierons-Ball**, weil Hiero dieselbe entdeckt, und ihr Kugelform gegeben haben soll. — Das Experiment mag sofern zur Belustigung ausgedacht worden sein; allein, das Phänomen von dem Fortstossen des Wassers durch Luftverdichtung dürfte wohl Erfindungen von Belang, die von dem **Windkessel bei Feuerspritzen** u. d. gl. (von denen wir oben (218.) handelten), und die der **Windbüchsen** veranlaßt haben. 291.

291.

Eine **Windbüchse** ist ein Schießgewehr von der Einrichtung, daß die in einem Behälter zusammengepreßte Luft die Stelle des Pulvers vertritt, und eine Kugel mit Gewalt durch ein Rohr fortstößt.

Der Luftbehälter, d. i. der Raum, in den die Luft gepreßt wird, heißt **Windkammer**, ist von starkem Kupferblech in Kolbenform gut und luftdicht zusammengelöthet, und am Halse mit einem Ventil versehen, das sich einwärts öffnet.

Ist die Windkammer mittelst der Compressionsmaschine mit Luft gefüllt, so wird der Kolben an ein Rohr, das man mit einer Kugel lädt, angeschraubt.

Am Kolben ist ein Hahn angebracht, der so gebaut ist, daß durch ihn bei seiner Loslassung ein augenblicklicher Druck auf das Ventil geschieht. Die Luft bewegt sich itzt, und stößt die Kugel mit einer solchen Gewalt fort, daß sie in beträchtlicher Entfernung Bretter durchbohrt, Thiere tödtet u. d. gl.

Indem sich das Ventil Augenblicks wieder schließt, so kann der Schuß aus der Windbüchse mehrmalen wiederholt werden; aber immer mit abnehmender Stärke, weil die Luftverdichtung mit jedem Schusse abnimmt.

* Wenn die Luft 800mal verdichtet ist; die Länge des Laufs einer Windbüchse 4 Schuh, und der Durchmesser einer Bleikugel $\frac{3}{8}$ Zoll hat, so wird, der hierüber angestellten Rechnung zufolge, die Kugel mit einer Gewalt fortgestossen, daß sie, abgesehen von allem Hinderniß, in 1 Secunde 654 Pariser Fuß durchläuft; mit Berücksichtigung aber des Widerstandes in der Luft, und nach Abzug desselben, einen Raum von 628 Fuß macht (Karsten).

** Die Deutschen haben die Windbüchsen bis zu Windkanonen verstärkt. Man hat Beispiele, daß eine Windkanone 4 Pfund schwere Kugeln trieb, und in einer Entfernung von 400 Schritt, ein zwei Zoll dickes Brett durchschlug.

*** Eine Windbüchse dient, dort schädliche Thiere zu tödten, wo ein Gewehr mit Pulver ohne Feuersgefahr nicht anwendbar ist. U. s. w.

Verbesserung:

Seite 86 Zeile 3 lese man: beinahe unmöglich, statt beinahe als unmöglich.

S. 106 Z. 11 u. 12 ist zu lesen: Warum ein Heuwagen oder ein Wagen mit Getreid beladen Unterstützung bedarf.

S. 157 Nr. 121 lese man: Laufrad, statt Tretrad.

S. 179 Z. 16 lese man: einsenkt, statt neinset.

S. 281 ꝛc. lese man: Hiero, statt Hieron.

Tafel I.

Fig. 5. B

A

C

m

A

P

B

P

m A

E

C

Fig. 8.

E G

I

C

B

Fig. 10.

A

b c d

D E

m n o p

C

m

Fig. 16.

C n

p

m

E

d o

G

n

P

Fig. 31.

C e B

D

m

P

Fig.

C

Fig. 27.

n

C

T V W

C i d

C h c

C g b

P

Fig. 25.

m

D C d

P

28.

A

e

f a

P

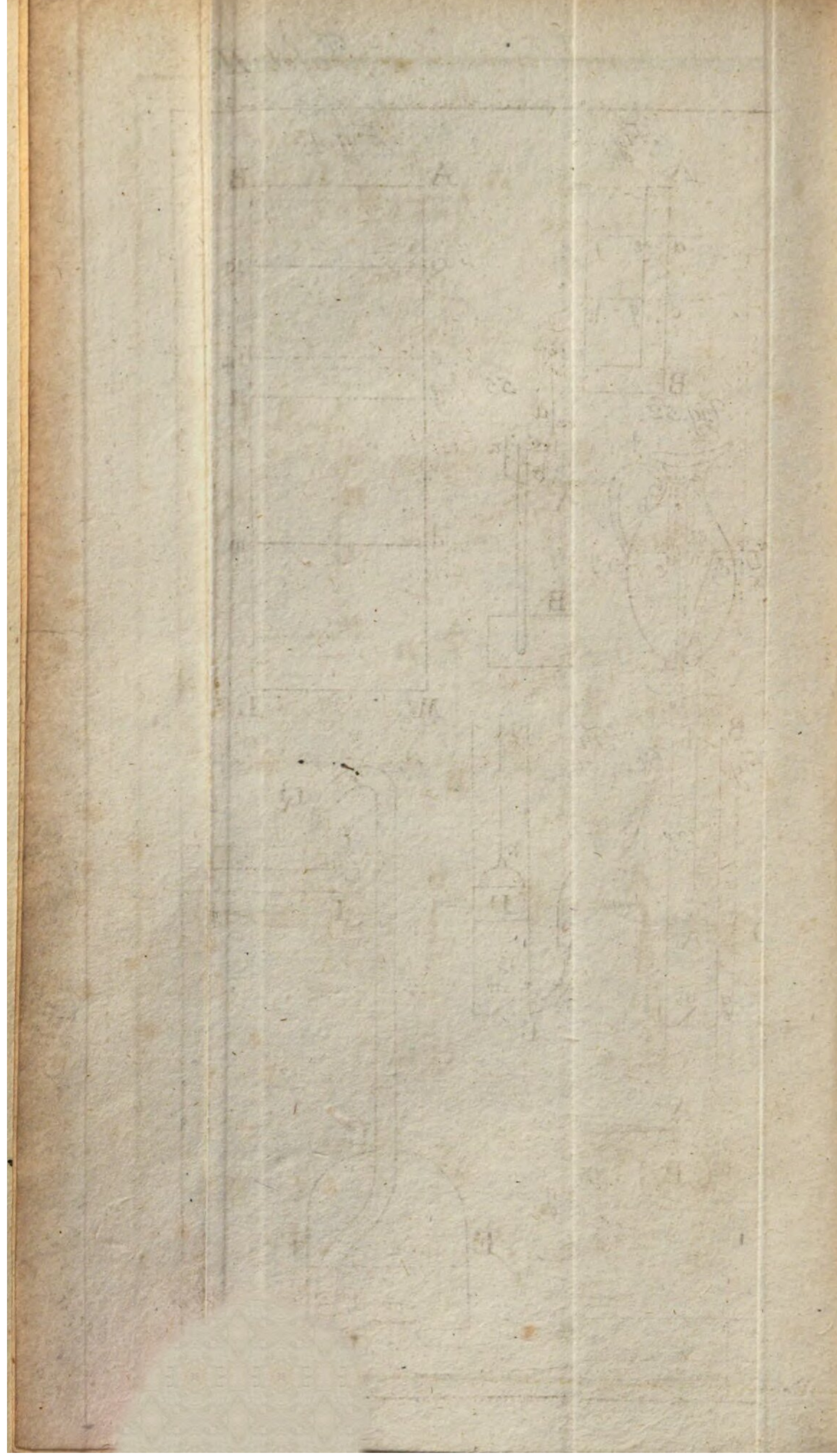
P

A

Fig. 33.

B D

C



Tafel II.

Fig. 40

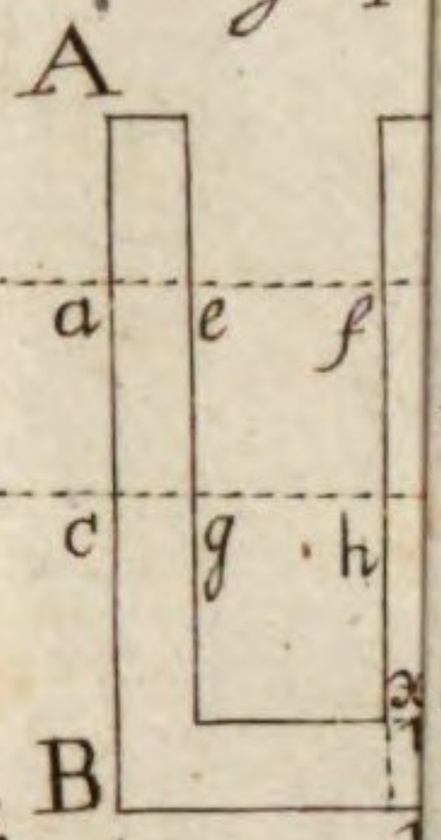


Fig. 43.

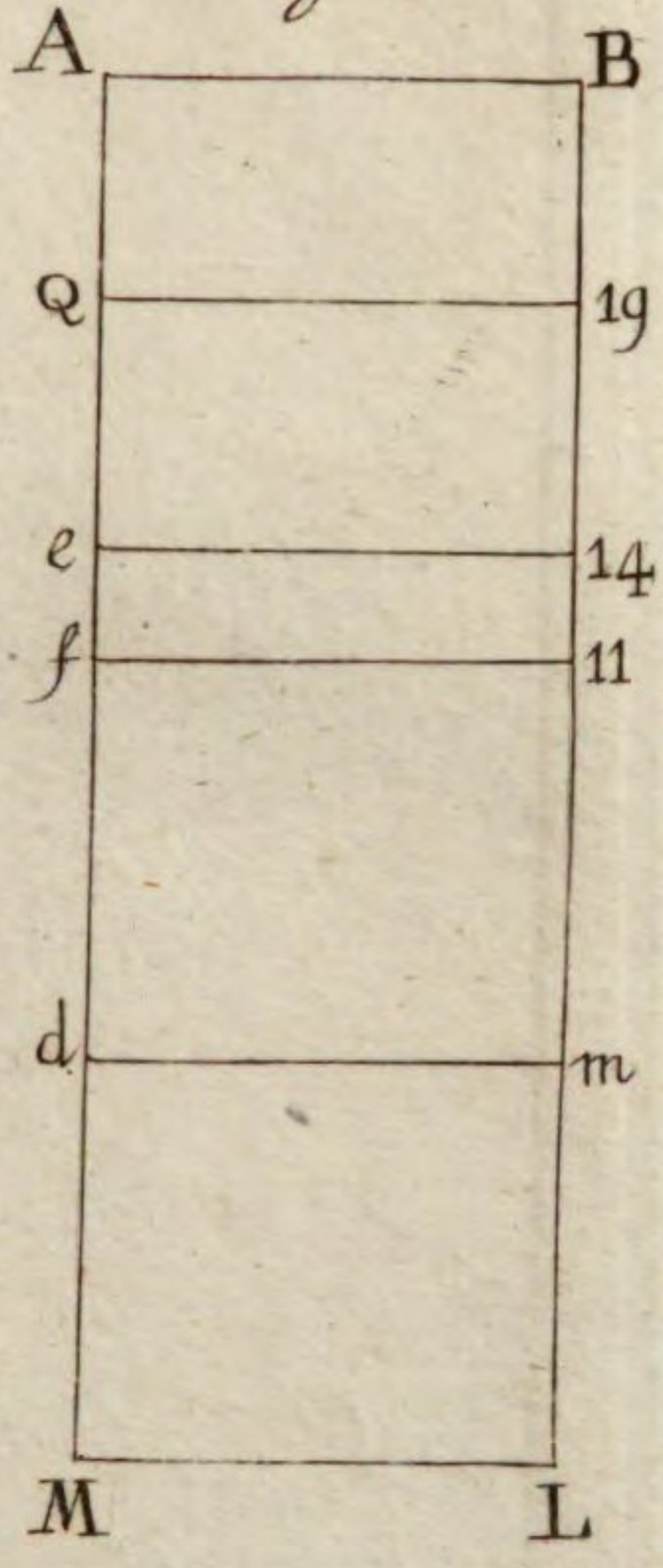
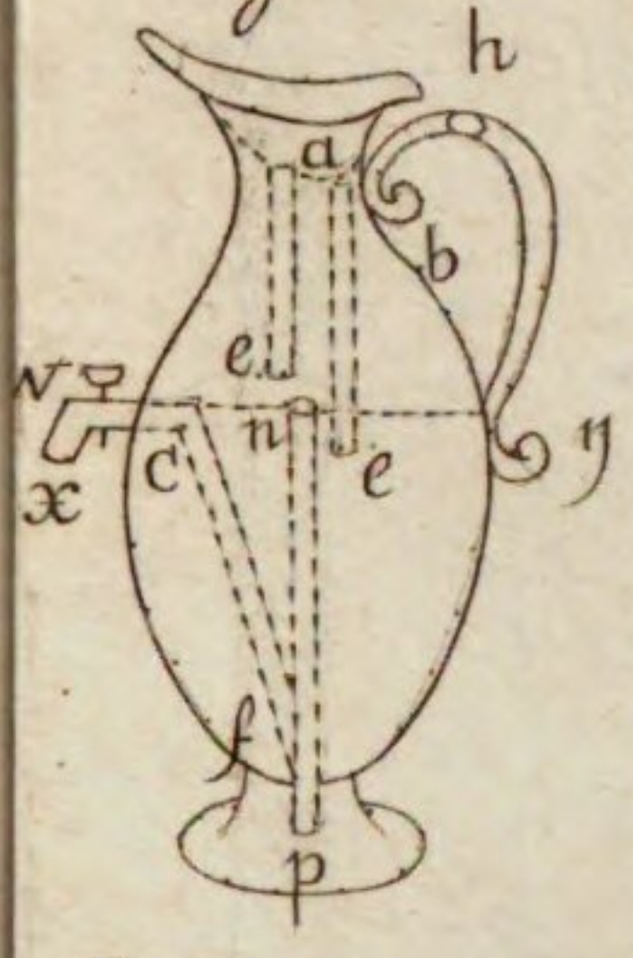


Fig. 52.



55.

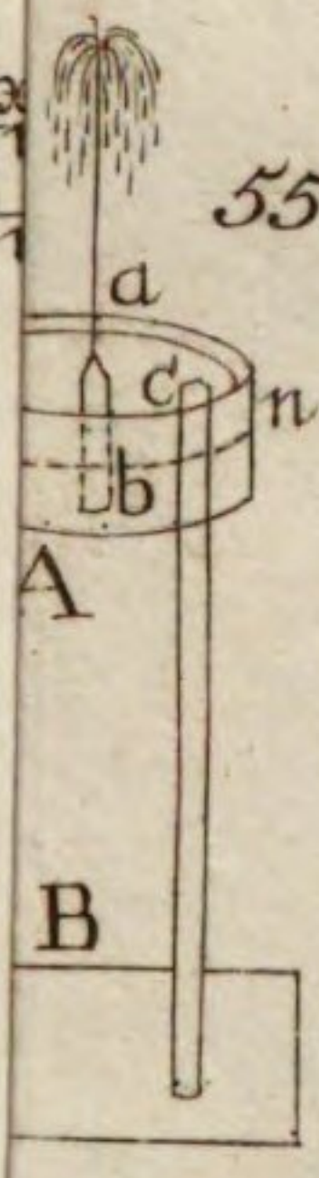
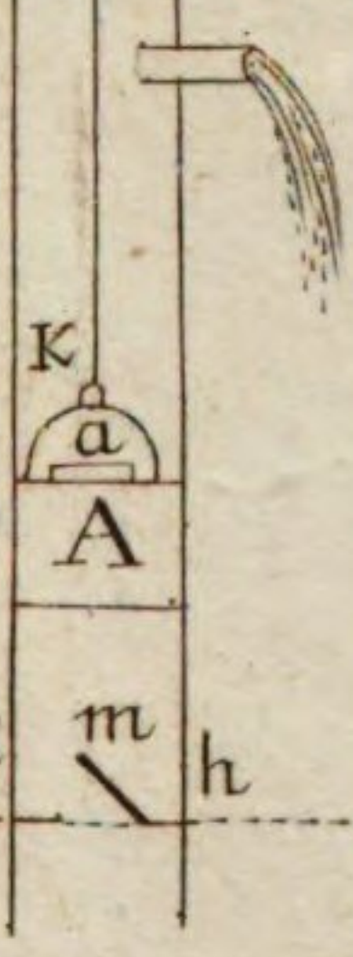
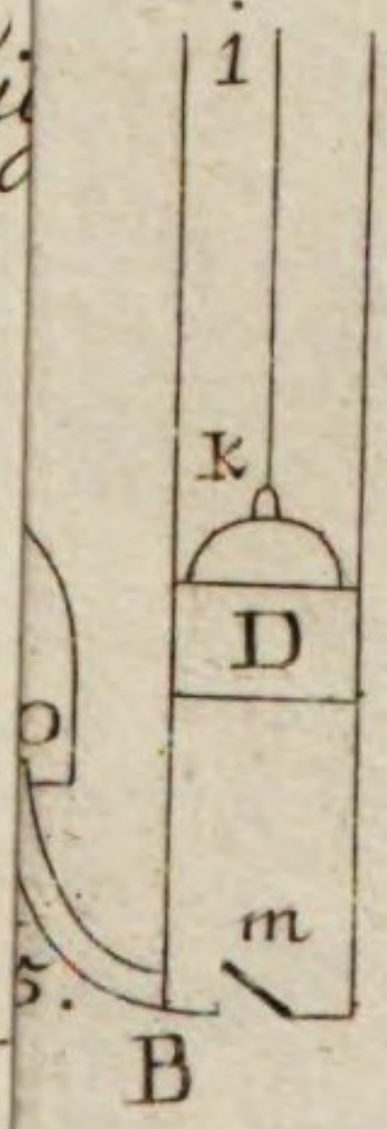
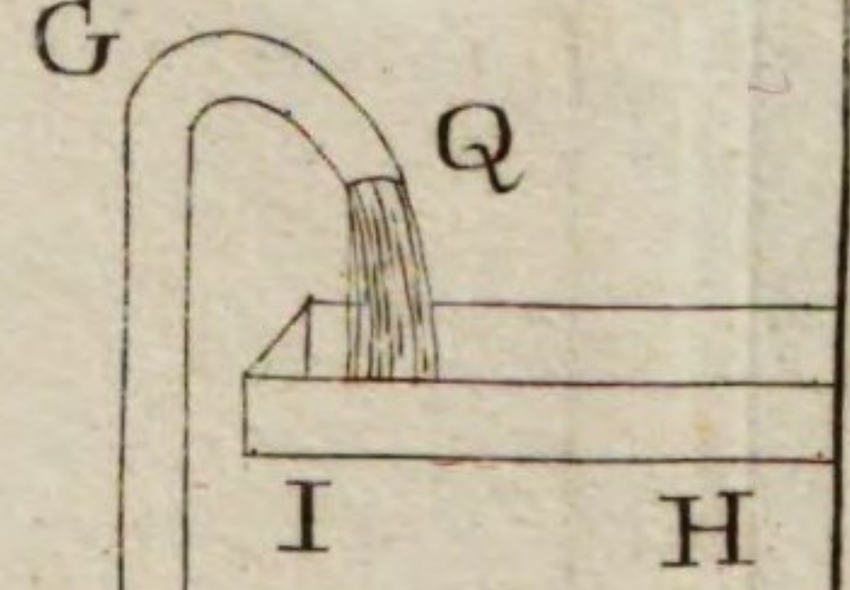
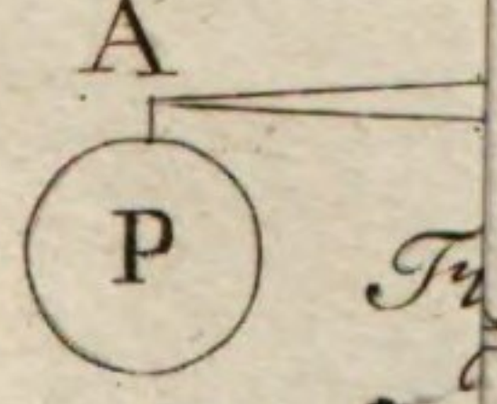
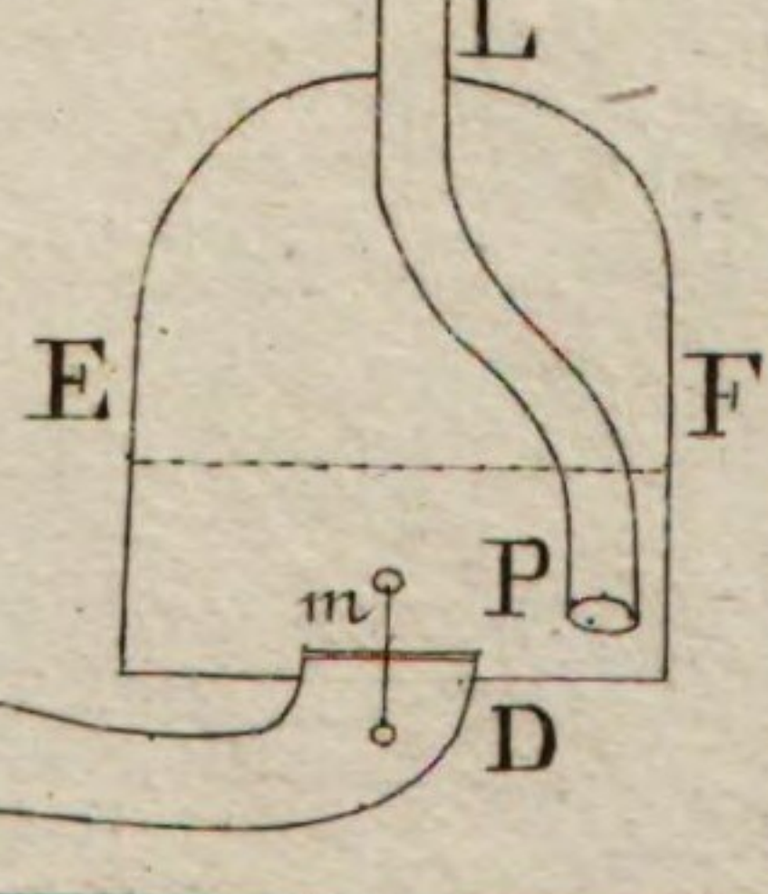



Fig. 61.